



PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORÍA III

INFORME DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE EFECTOS AMBIENTALES: ECOSISTEMAS MARINO COSTERO

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13107 13217 13234	2018	ENVIROMENTAL ENGINEERING SCIENCE INTERNATIONAL	21-01-2019





PRESENTACIÓN

La empresa MINERA PANAMÁ ha encargado a la consultora ambiental independiente EES INTERNATIONAL, SA, el monitoreo de los ecosistemas marino-costeros en el mes de octubre de 2018 frente al puerto de Punta Rincón propiedad de Minera Panamá.

Ciudad de Panamá, enero 2019

Responsable del Informe Técnico

Dr Fernando J. Mariño Fernández

Rev. N°	Motivo modificación	Aprobado por	Fecha entrega
1	Edición original	Dr Fernando Mariño	24-01-2019

N° PEDIDO: MINERA PANAMA 1824-603208

AMBITO DE LA INSPECCION: REGLAMENTARIO. NO SE HA OMITIDO NINGUN ASPECTO DEL AMBITO ORIGINAL DEL TRABAJO.

IDENTIFICACION DEL ITEM INSPECCIONADO: AGUAS MARINAS LITORALES.

CONDICIONES GENERALES: EL CONTENIDO DEL PRESENTE INFORME DE INSPECCION SE HA AJUSTADO A LO ESTABLECIDO EN LAS NORMA ISO/IEC 17020 Y/O ISO 9001. LOS ANALISIS EN EL LABORATORIO LOS HAN REALIZADO LABORATORIOS EXTERNOS ACREDITADOS POR LA NORMA INTERNACIONAL UNE/EN/ISO 17025.

LA INSPECCION Y MUESTREO SE HA REALIZADO SEGÚN ESPECIFICACIONES RECOGIDAS EN LAS INSTRUCCIONES DEL SGC DE EES INTERNATIONAL, SA, CON REGISTROS PRIMARIOS DE LAS MEDIDAS IN SITU INCLUIDOS EN EL CUADERNO DE CAMPO DEL EQUIPO.

- 1) El presente informe es copia fiel del original que mantiene EES INTERNATIONAL, SA
- 2) Los resultados obtenidos sólo afectan a las muestras ensayadas.
- 3) El presente informe no debe ser reproducido ni total ni parcialmente sin la autorización expresa del cliente.

LOS RESULTADOS DE LA PRESENTE INSPECCION SE REFIEREN EXCLUSIVAMENTE AL PEDIDO REALIZADO.

DESIGNACION DEL DOCUMENTO: ESTUDIO ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS 2018 INFORME SEGUNDO MONITOREO 120219

IDENTIFICACION DE LA VERSIÓN DEL DOCUMENTO: 120219



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

1.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2.	<u>OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA</u>	3
3.	<u>METODOLOGÍA DE LOS TRABAJOS</u>	4
3.1.	Sitios de muestreo y actividades realizadas	4
3.2.	Metodología para el estudio de la calidad del agua marina	7
3.3.	Metodología para el estudio de metales pesados en sedimentos y biota	9
3.4.	Monitoreo de hábitats rocosos (comunidades fondos duros)	11
3.5.	Monitoreo de biología marina (comunidades fondos blandos y peces)	13
3.6.	Monitoreo de rompeolas	14
4.	<u>RESULTADOS MARINO-COSTEROS</u>	17
4.1.	Calidad de aguas	17
4.2.	Calidad de sedimentos	26
4.3.	Análisis de metales pesados en peces	35
4.4.	Hábitats de fondos duros	36
4.5.	Hábitats de fondos blandos	48
4.6.	Estudio de la comunidad de peces	54
5.	<u>RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL ROMPEOLAS</u>	63
5.1.	Calidad de aguas	63
5.2.	Estudio de fondos duros	66
5.3.	Estudio de la comunidad de peces	68
6.	<u>ANÁLISIS DE INDICADORES AMBIENTALES</u>	71
7.	<u>ESTADO ECOLÓGICO</u>	74
7.1.	Justificación	74
7.2.	Metodología	74
7.3.	Resultados. Valoración del estado ecológico marino-costero	79
8.	<u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u>	81
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	87

ANEXO 1. INFORMES DE ENSAYO DE ANÁLISIS DE AGUA, SEDIMENTOS Y BIOTA



RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de la presente consultoría es continuar con el Monitoreo de Ecosistemas Marino-Costeros iniciado en el año 2015, mediante un Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEM por sus siglas en inglés) dirigido a asegurar que los controles ambientales y otras medidas de mitigación sean efectivas para la protección de la viabilidad de los ecosistemas marinos en el entorno de las operaciones de la mina y el puerto.

De esta forma, se ha continuado con la aplicación de los índices e indicadores ambientales establecidos en el Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales centrando los trabajos en este segundo monitoreo semestral del año 2018 en los indicadores biológicos (bentos de fondos duros y blandos y peces) y estudios de calidad de agua, sedimentos y biota, con el fin de conocer cómo evolucionan en el tiempo desde el año 2015 (considerada la línea base) y su grado de afectación por las actividades de la mina y el puerto.

Desde el punto de vista metodológico, se han seguido los mismos métodos y técnicas de monitoreo a los empleados en los monitoreos de años anteriores (2015, 2016, 2017 y primer semestre 2018). El diseño de los sitios de monitoreo consideró sitios de muestreo cercanos al proyecto (Punto de Muestreo Cercano, PMC), sitios de muestreo lejano (Punto de Muestreo Lejano, PML) y sitios de muestreo de referencia (REF) que son áreas no influenciadas por el proyecto.

Se emplearon los mismos seis (6) sitios de muestreo que en años anteriores (R3 y R33 representativo de zonas profundas lejanas y R12, R15, R18 y Caimito Este de zonas someras cercanas y referencia), además de dos (4) sitios adicionales T1 y T2 próximos al muelle de descarga del puerto y E-4 y E-10 más alejados del puerto. Asimismo, se incluyeron los siete (7) sitios en el rompe olas (RO1 al RO7).

Para el estudio de la calidad del agua se realizaron mediciones de parámetros físico-químicos en toda la columna de agua y toma de muestras de agua marina a -1 m para la realización de diferentes parámetros (físicos, nutrientes, metales pesados, etc). En las muestras de sedimentos se analizó su granulometría y diferentes parámetros químicos (COT, metales pesados) y en la biota (mediante capturas directas de pez león) el contenido de metales pesados.

Para el estudio de las comunidades de fondos duros se emplearon buceadores profesionales (equipados con cámaras fotográficas y de vídeo submarino), que en diferentes transectos lineales establecidos en cada sitio -y sobre la base de datos tomados con cuadrantes- se determinó, entre otros, la cobertura de corales y otros organismos y grupos biológicos. Por su parte, para el estudio de los fondos blandos, se tomaron muestras de sedimento con buceadores y dragas y se completó el estudio del bentos marino. El estudio de peces se realizó con apoyo de buceadores profesionales y siguiendo el método del transecto en cada sitio de muestreo.

Se ha continuado con el monitoreo del rompe olas en siete (7) sitios, en los que se realizaron los mismos muestreos que en fondos duros y comunidades de peces y siguiendo la misma



metodología descrita. Igualmente, se tomaron muestras de agua en dos sitios para análisis químicos de los mismos parámetros que en el monitoreo marino-costero, uno en la parte interna del rompeolas (RO4) o puerto de abrigo y otra en la parte externa del mismo (RO2).

El conjunto de muestreos lo realizó un equipo de cuatro técnicos cualificados, más el patrón del bote, siguiendo los procedimientos estipulados en los TdR de la consultoría y normas de calidad UNE/EN/ISO 17020 y 17025. Para optimizar el trabajo, las tareas fueron divididas entre los técnicos, realizando dos de ellos (con títulos de buceadores profesionales) el muestreo de elementos biológicos y los otros dos la caracterización de calidad de aguas y muestreos de sedimentos. En todos los muestreos, se contó con un paramédico y buceador de apoyo, siguiendo los mayores estándares de seguridad y salud en el trabajo.

Para los valores de referencia o guía de los parámetros de calidad de aguas (físico-químicos) se ha empleado la siguiente normativa vigente en Panamá, así como normativa específica de referencia para niveles de metales pesados en sedimentos y peces.

- Norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo para la categoría “sin contacto directo”. Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008.
- Protocolo del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (CCME) y Ley holandesa de suelos contaminados: “Soil Clean-Up Act.1983”.
- Diferentes Directivas Comunitarias de la Unión Europea sobre contenido de metales pesados en peces.

Durante el muestreo, las condiciones atmosféricas fueron muy similares, presentando cielos nublados (20-90% nubes), ausencia de lluvias y una temperatura ambiente en el rango de 28-30°C.

Las medidas de parámetros físico-químicos del agua marina efectuadas con sonda multiparamétrica in situ, indican unas condiciones propias del mar Caribe para la época con moderada a alta concentración de oxígeno disuelto (sobre 6.7-6.9 mg/l y 102-99% de saturación), conductividades propias de agua de mar (46,000 μ S/cm) y un pH de 8.2 unidades.

Se aprecian diferencias entre el contenido de sólidos en suspensión y la turbidez entre el sitio Caimito Este (12.2 NTU) y el resto de sitios de muestreo, destacando los bajos valores registrados en el resto de sitios (<10 NTU).

Se destaca que en ningún sitio se incumplen los límites para temperatura (variaciones superiores a 3°C de las condiciones naturales), pH (6,5-8,5 unidades pH), turbiedad (50-100 NTU), sólidos en suspensión (<50 mg/L) y oxígeno disuelto (6-7 mg/L) del Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008.

Todos los metales pesados en agua incluidos en el Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008 (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo) cumplen con los límites de calidad.

La composición granulométrica del sedimento es relativamente homogénea entre los diferentes sitios. En los fondos blandos, predominan las arenas medias a gruesas, sin diferencias



significativas entre las muestras, y características del litoral caribeño. No se aprecia en el sedimento efectos asociados con la construcción del puerto o de las actividades de la Mina, debido al escaso porcentaje de arenas finas y limos presentes en los sedimentos de los sitios someros (más próximos a la costa y potencialmente influenciados) y los más profundos.

En las muestras de sedimentos, no se han encontrado diferencias significativas en el contenido en metales pesados y otros compuestos entre los sitios de muestreo analizados, cumpliendo todas las muestras con el límite de efectos bajos (LEB), por lo que no se han detectado efectos de contaminación en el entorno del puerto y la Mina.

Las concentraciones de metales pesados en tejidos de pez león -especie objetivo empleada- han sido bajas en todos los sitios de muestreo y se cumple con el límite para plomo (0,30 mg/kg), cadmio (0.25 mg/kg) y mercurio (0.5-1.0 mg/kg).

Los fondos duros profundos ubicados frente a Punta Rincón, poseen un sustrato rocoso variable entremezclado con arena. Las zonas profundas se caracterizan por poseer menor penetración de la luz y moderada turbidez, lo que limita el crecimiento de ciertas especies y contribuye al desarrollo de otras como esponjas y colonias de corales. Por su parte, los fondos duros someros se caracterizan por presentar una alternancia de sustratos duros y parches de arena y una mayor penetración de la luz, aunque están expuestos de forma más intensa a la acción del oleaje y los aportes de agua dulce del continente o los procesos sedimentarios.

Las comunidades de fondos duros en los dos sitios profundos (R3 y R33) son muy similares, predominando el grupo de las esponjas y seguido de los corales adaptados a las condiciones oceanográficas de este tipo de hábitats. En principio, el sitio R3 ha contado con mayor número de especies (especialmente corales), pero sin ser una diferencia significativa. Entre los corales predominan las especies *Agaricia agaricites*, *Agaricia grahamae*, *Agaricia undata*, *Agaricia fragalis*, *Meandrina meandrites* y *Mycetophyllia ferox* y entre las esponjas a *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Aplysina lacumosa*, *Callyspongia vaginalis*, *Ircina campana*, *Ircina strobilina*, *Spirastrella coccinea*, *Verongula gigantea* y *Xestospongia muta*.

Los fondos duros someros (R12, R15 y R18) presentan comunidades muy parecidas entre sí y diferentes de los fondos duros profundos. Entre los corales destacan *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea* y principalmente *Porites astreoides*. Entre las esponjas las principales especies identificadas han sido *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Callyspongia vaginalis*, *Clathrina primordialis*, *Ircina campana* y *Xestospongia muta*.

Los sitios T1 y T2 presentan un sustrato dominado mayoritariamente (>99%) por las arenas finas a medias, por lo que no se han registrado especies típicas de fondos duros.

Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales de los sitios de muestreo en fondo duro profundo y somero fueron muy parecidas, destacando las especies *Pseudopterogorgia amaericana* y *Pseudopterogorgia acerosa* que fueron las más representativas.

Tanto en los fondos duros someros, como profundos se han registrado con menor cobertura algas y algas coralinas. En los fondos profundos destacan -en cuanto a dominancia y diversidad de especies- las algas rojas (Rodofitas), como *Amphiroa fragilissima* y *A. rigida*, junto a éstas se



encuentran *Dictiota menstrualis* y *Halimeda tuna*, que contribuyen a la formación calcárea del fondo rocoso de esta zona. En los fondos someros destacan las algas *Halimeda tuna*, *Amphiroa fragilissima*, *Chondrophycus papillosus*, *Dictiota menstrualis*, *Padina pavonica* y *Galaxaura obtusata*.

El grupo de las otras formas de vida y los desconocidos conformados por especies de invertebrados marinos, se pueden mencionar las especies como Ascidas, langosta *Panillurus argus*, poliquetos como *Spirobranchus giganteus*, *Echinometra lucunter*, y el Crinoideo *Nemaster grandis*.

El bentos marino de sustratos blandos estuvo compuesto por una amplia variedad de taxones, con la dominancia de los moluscos en las localidades R-18 y R-15 (15 y 16 especies), seguido de los crustáceos en las localidades T-1 y T-2 (1 especie). Sin embargo, los poliquetos fueron los de menor dominancia y solo se encontró una especie en la estación T-2.

Del análisis de la abundancia acumulativa por localidades monitoreadas se puede señalar que hay tres grupos de acuerdo al número de individuos cuantificados: con un mayor número se registraron las localidades R-18 con 1639 ind/m², R-15 con 1209 ind/m² y R-12 con 1066 ind/m². Las de menor abundancia fueron la R-33 con 299 ind/m² y Caimito con 39 ind/m². Los moluscos, por ser el grupo más importante y presentar una amplia distribución espacial en el área estudiada, fueron identificados a nivel de género y analizados con mayor detalle. Dentro del grupo de los moluscos, se cuantificó un total de 5357 ind/m² pertenecientes a 26 familias.

Para los fondos duros profundos, se censó un total de 357 de peces entre R3 y R33, pertenecientes a 19 especies, incluidas en 19 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes). Las especies más abundantes son *Acanthurus bahianus* (8-14%), *Carangoides bartholomaei* (20-23%) y *Anisotremus virginicus* (15-17%) que representan más del 50% de la población.

En los fondos duros someros, se registraron un total de 1,630 individuos; pertenecientes a 32 especies, distribuidas en 25 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes). Las especies más abundantes observadas fueron *Kyphosus sectatrix* (11-35%), *Carangoides bartholomaei* (7-8%), *Acanthurus bahianus* (9-33%) y *Anisotremus virginicus* (5-7%).

Teniendo en cuenta los resultados del segundo monitoreo del año 2018, los peces registraron una diversidad y composición similar en todos los sitios de estudio. Por lo que se puede inferir, que las condiciones actuales de los fondos profundos y someros son favorables para la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. No se han observado efectos debido a las actividades de operación/construcción de la Mina o del puerto de Punta Rincón.

La disminución de la riqueza (nº especies e individuos), así como de la cantidad de individuos e incremento del tamaño de las especies observadas, coinciden con lo observado en diversas latitudes del Caribe, en las cuales la mayor cantidad y diversidad de individuos de menor



tamaño, se encuentran en las áreas costeras poco profundas, por ser estas zonas de crecimiento y desarrollo de dichas especies.

Por su parte, hacia las aguas más profundas, aparecen especies de mayor tamaño, pero con menor diversidad y número de individuos, pues en estas áreas se registran principalmente especies adultas. Tanto el número como la variabilidad de especies observada en las aguas profundas fueron mucho más bajas que la observada en los fondos duros someros.

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que lo observado representa el estado actual y normal de las poblaciones de peces de los fondos profundos y someros con diferentes hábitats; ya que en dichos lugares no se ha desarrollado una sobrepesca u otros efectos de origen antrópico que pudiera afectarlos, como lo que ha ocurrido en otras áreas del Caribe de Panamá (Jácome, 2001).

Por ello se puede inferir que las condiciones actuales de los fondos profundos y someros son favorables para la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. No se han observado efectos sobre los peces debido a las actividades de la mina o del puerto de Punta Rincón.

La abundancia relativa del pez león en el presente monitoreo fue de 0.8-3.3% para el fondo somero y de 5-6% para el fondo profundo. Se observa, con respecto a años anteriores, que la especie se mantiene en los porcentajes. A partir de los datos ya disponibles, se puede adelantar que la especie ha llegado a un tamaño poblacional más o menos definido, con una clara presencia en la zona, aunque pueden variar los efectivos entre estaciones debido a factores externos (alimento, depredación, etc).

Durante este monitoreo se han continuado con los trabajos en el rompe olas del puerto en siete sitios de monitoreo, con el objetivo de caracterizar en detalle las comunidades biológicas de fondos duros y peces. El monitoreo y seguimiento de la evolución temporal en los procesos de colonización de las comunidades biológicas de las rocas depositadas para el rompe olas, permitirá evaluar la utilidad de estos espacios como hábitats artificiales.

Se ha registrado una progresiva colonización por grupos biológicos de las rocas del rompeolas en su parte más externa que parece se va afianzando con el tiempo –como así se observó en monitoreos anteriores–, con la presencia de corales y primeras formas de esponjas. En la parte interna, menos expuesta y dentro de la zona de abrigo del rompe olas, esta colonización todavía es incipiente, aunque se aprecian signos de implantación de colonias de corales.

La comunidad de peces en el rompeolas presenta un número significativo de peces y densidades, comparables a las registradas en el resto de sitios de monitoreo del estudio. Se aprecia una clara diferencia entre los valores de abundancia (densidad) y los índices de diversidad de la parte externa de la interna, con una comunidad mejor estructurada y más diversa en los transeptos expuestos a mar abierto. No obstante, la comunidad de peces en el interior del rompe olas se puede considerar de alto valor ambiental, con especies y densidades propias de aguas litorales del Caribe.



Los resultados obtenidos -al igual que los registrados en años anteriores-, indican que el rompe olas sirve como hábitat para las diferentes comunidades biológicas, contribuyendo a que aparezca en la zona del puerto una mayor riqueza y abundancia de especies bentónicas y pelágicas litorales.

Se ha procedido al análisis de los indicadores ambientales que se vienen empleando de forma rutinaria en el EEA para valorar cómo cambian los resultados de los diferentes elementos ambientales considerados (bentos marino y peces). De esta forma, con el fin de resumir e interpretar estos resultados de la forma más sencilla posible, se ha utilizado una simbología que indica la tendencia de cada indicador en el tiempo en comparación con las condiciones de referencia y la línea de base del año 2015.

La tendencia de los tres indicadores biológicos comparados entre la línea base del 2015 y monitoreos de los años 2016, 2017 y los dos monitoreos realizados en el año 2018 indican variaciones poco significativas entre los mismos.

En este sentido, se destaca que las condiciones generales analizadas han variado muy poco con respecto a los años anteriores, no apreciándose por el momento una tendencia hacia peores condiciones en la salud de los ecosistemas marino-costeros (bióticos) asociados con las actividades de construcción/operación de la Mina y el puerto.

Ciudad de Panamá
Febrero 2019



1. INTRODUCCIÓN

Minera Panamá S.A. está desarrollando el proyecto Mina de Cobre Panamá en el distrito de Donoso, provincia de Colón, situado en el sector central-norte de Panamá. El Proyecto excavará y procesará mineral de sulfuro de cobre que ha sido definido en una concesión de 13,000 hectáreas que está ubicada a 120 km al oeste de la Ciudad de Panamá y a 20 km de la costa del mar del Caribe. El proyecto incluye, además, la construcción de instalaciones portuarias en Punta Rincón, que permitirán la carga de concentrado y la descarga del carbón, asociado con el funcionamiento de la termoeléctrica.



Figura 1. Ubicación del proyecto de Minera Panamá

Estas actividades tienen el potencial de impactar los aspectos biológicos y físico-químicos del medio ambiente acuático marino-costero y, por lo tanto, se necesita un programa de monitoreo para evaluar la efectividad de las medidas de control y mitigación.

En el presente Informe se describen la metodología y resultados obtenidos en el monitoreo de los ecosistemas marino-costeros frente al puerto de la mina en Punta Rincón completado los días 9 al 12 de octubre de 2018, como parte del Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales: Monitoreo Marino Costero.



Los capítulos principales que contiene el informe son los siguientes:

- Metodología de los trabajos, con una descripción detallada de las metodologías seguidas en los muestreos y análisis físico-químicos –en agua y sedimentos-, biológicos (muestreos de bentos en fondos duros y blandos y estudio de peces) y análisis de metales pesados en agua, sedimento y biota (peces).
- Resultados obtenidos para cada elemento ambiental estudiado, con especial referencia a los indicadores ambientales y su estado de calidad, ya que son los que permitirán seguir la evolución y la tendencia de la calidad y estado ecológico a lo largo del período de actividad de la mina.
- Un análisis de tendencias de los indicadores ambientales, teniendo en cuenta los estudios completados en los últimos monitoreos.



Diferentes momentos de los trabajos realizados para los monitoreos marino-costeros en Punta Rincón.



2. OBJETIVOS

El objetivo principal es continuar con el Plan de Monitoreo de Ecosistemas Marino-Costero, mediante un Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEM por sus siglas en inglés) dirigido a asegurar que los controles ambientales para el ecosistema marino-costero (calidad de agua, sedimentos, fondo duro y biología marina), mantengan medidas de mitigación que sean efectivas para la protección y viabilidad de estos ecosistemas en la zona de influencia directa del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

Como objetivos específicos se destacan:

- Cumplir con los compromisos EsIA para el monitoreo de la calidad de los sedimentos.
- Asegurar que los procedimientos de manejo son efectivos para limitar los cambios en los sedimentos producto de la sedimentación y otros impactos (por ejemplo, derrames de carbón y concentrado).
- Cumplir con los compromisos EsIA para el monitoreo de los impactos sobre el componente biológico durante la construcción y operación del puerto.
- Evaluación de la efectividad de los controles ambientales durante la construcción (por ejemplo, controles de sedimentos y durante las voladuras) a través del monitoreo de las condiciones químicas, biológicas y físicas.
- Monitorear las condiciones estuarinas para evaluar los impactos de la construcción de la mina (por ejemplo, calidad sedimentos y características físicas).
- Evaluación de la efectividad de los controles ambientales durante las operaciones, específicamente alrededor de la desembocadura de las aguas de refrigeración de la planta de energía y alrededor de las instalaciones portuarias, a través del monitoreo de las condiciones químicas, biológicas y físicas.
- Monitoreo y acciones correctivas para evitar mortalidad de la fauna.
- Cumplir con los compromisos EsIA para el monitoreo de hábitat crítico, especialmente el sustrato del hábitat de fondo duro, dentro y alrededor de la huella del proyecto.
- Evaluar si los mecanismos de control establecidos (por ejemplo, el control de sedimentos y operaciones portuarias) son efectivos para la protección del hábitat de fondo duro cercano a las operaciones.
- Apoyar la actualización de los inventarios biológicos dentro del área del proyecto especificados por los compromisos del EsIA (deben actualizarse cada 5 años).

De esta forma, se ha continuado con la aplicación de los índices e indicadores ambientales establecidos en el Plan de Monitoreo Ambiental, con el fin de conocer cómo evolucionan en el tiempo y su grado de afectación por las actividades en el puerto de la mina.

De forma adicional, durante este monitoreo se ha planteado como objetivo colateral –iniciado en el año 2016- la valoración del estado ecológico del medio marino-costero, teniendo en cuenta diferentes indicadores de la calidad biológica y físico-química de aguas y sedimentos.



3. METODOLOGÍA DE LOS TRABAJOS

3.1. Sitios de muestreo y actividades realizadas

Durante los días 9 al 12 de octubre de 2018, para la obtención de las muestras de los diferentes programas de monitoreo se utilizaron diez (10) sitios de muestreo (ver **Cuadro 1**).

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO				
CÓDIGO SITIO	TIPO DE PUNTO	TIPO DE FONDO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			ESTE	NORTE
R3	PML	Fondo duro-blando profundo	532441	997509
R33	PML	Fondo duro-blando profundo	532520	997707
Caimito Este	PMC	Fondo blando somero	534011	997519
R12	PMC	Fondo duro-blando somero	533301	996970
R15	REF	Fondo duro-blando somero	533331	996560
R18	REF	Fondo duro-blando somero	533049	996196
T1	Control para terminal	Fondo blando	533227	997336
T2	Control para terminal	Fondo blando	533383	997571
E4	Nuevo control	Fondo blando	534871	997981
E10	Nuevo control	Fondo blando	532295	995729

PML: Punto de Monitoreo Lejano; PMC: Punto de Monitoreo Cercano; REF: Punto de Referencia. El término "Punto de Monitoreo Cercano o PMC" se refiere a las ubicaciones de muestreo que están lo más cerca posible a las operaciones, pero fuera de cualquier zona inicial mixta; la zona inicial mixta es el área donde las descargas provenientes del sitio (por ejemplo, las descargas de agua de refrigeración de la planta de energía) se mezclan por completo con el ambiente marino receptor. Los "Puntos de Monitoreo Lejano o PML" se deben ubicar en lugares que se crean que definen el espacio de cualquier efecto potencial observado en el PMC. Los "Puntos de Monitoreo de Referencia o REF", deben estar cerca del área, pero fuera de cualquier cambio potencial debido a las operaciones del Proyecto.

En la **Figura 2** se muestran las ubicaciones de los sitios de muestreo utilizados en el mes de octubre 2018. Para su ubicación, se ha generado un Modelo Digital del Terreno (MDT) a partir de la información cartográfica y batimétrica disponible, sobre el que se ha georeferenciado cada sitio de muestreo con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en soporte ARCGIS en su última versión.

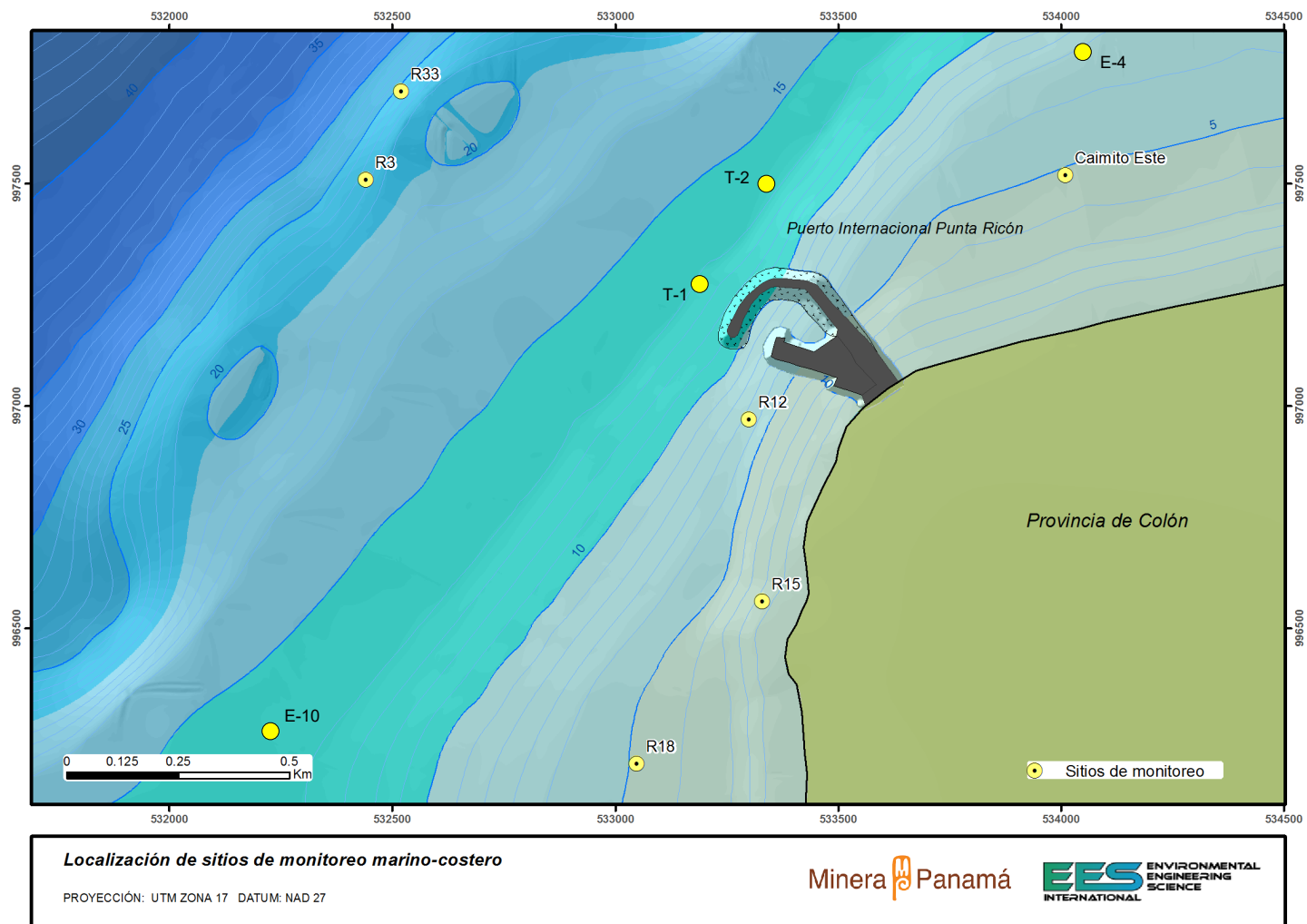


Figura 2. Localización de los sitios de monitoreo para el estudio marino costero.



De forma particular, en cada sitio de monitoreo las actividades desarrolladas se resumen en el **Cuadro 2.**

CUADRO 2. ACTIVIDADES REALIZADAS EN CADA SITIO DE MUESTREO				
CÓDIGO SITIO	CALIDAD DE AGUAS, SEDIMENTOS Y BIOTA	ESTUDIO COMUNIDADES FONDOS DUROS	ESTUDIO COMUNIDADES FONDOS BLANDOS	ESTUDIO DE PECES
R3	SI	SI	SI	SI
R33	SI	SI	SI	SI
Caimito Este	SI (excepto peces)	NO	SI	NO
R12	S	SI	SI	SI
R15	Si	SI	SI	SI
R18	SI	SI	SI	SI
T1	SI	SI	SI	SI
T2	SI	SI	SI	SI
E-4	SI	NO	NO	NO
E-10	SI	NO	NO	NO

El estudio de la calidad del agua incluyó mediciones de parámetros físico-químicos en toda la columna de agua y toma de muestras de agua marina a -1 m para la realización de diferentes parámetros (físicos, nutrientes, metales pesados, etc). En las muestras de sedimentos se analizó su granulometría y diferentes parámetros químicos (COT, metales pesados) y en la biota (mediante capturas directas de pez león) el contenido de metales pesados.

Para el estudio de las comunidades de fondos duros se emplearon buceadores profesionales (equipados con cámaras fotográficas y de vídeo submarino), que en diferentes transectos lineales establecidos en cada sitio -y sobre la base de datos tomados con cuadrantes- se determinó, entre otros, la cobertura de corales y otros organismos. Por su parte, para el estudio de los fondos blandos, se tomaron muestras de sedimento con buceadores y dragas y se completó el estudio del bentos marino. El estudio de peces se realizó con apoyo de buceadores profesionales y siguiendo el método del transecto en cada sitio de muestreo.

El conjunto de los muestreos fue llevado a cabo por un equipo de cuatro técnicos cualificados, más el patrón del bote, siguiendo los procedimientos estipulados en los TdR de la consultoría y normas de calidad UNE/EN/ISO 17020 y 17025. Para optimizar el trabajo, las tareas fueron divididas entre los técnicos, realizando dos de ellos (con títulos de buceadores profesionales) el muestreo de elementos biológicos y los otros dos la caracterización de calidad de aguas y muestreos de sedimentos. Se contó con un paramédico y buceador de apoyo en todos los muestreos realizados.

En todo momento se tuvo el inestimable apoyo y medios (personal, instalaciones, embarcación, etc) de MINERA PANAMÁ, a la que se traslada todo el agradecimiento y consideración por las facilidades prestadas durante el monitoreo.

3.2. Metodología para el estudio de la calidad del agua marina

Durante la realización de la campaña, y en cada sitio de muestreo, se llevaron a cabo medidas *in situ* con equipos y sondas multiparamétricas (HORIBA U52 e YSI PROFESSIONAL) de los siguientes parámetros físico-químicos de calidad de agua marina en toda la columna de agua:

- Temperatura del agua (°C)
- pH (en unidades pH)
- Oxígeno disuelto (mg/L y % saturación)
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Sólidos totales disueltos (g/L)
- Turbidez (NTU)
- Salinidad (ppt)
- Potencial redox (mV)

El método consistió en la introducción del cable-sonda en el agua a una profundidad aproximada de cada metro. El registro de datos se produjo una vez estabilizados los valores medidos. Después de cada muestreo los electrodos fueron lavados con agua destilada. La sonda se verificó todas las mañanas antes de comenzar la jornada de campo, y se verificó al final de la misma, empleando siempre patrones acreditados y homologados al efecto. También se evaluó el color aparente y transparencia del agua mediante interpretación visual directa.



Medidas in situ con equipo multiparamétricos de calidad de aguas.

Asimismo, en cada sitio de muestreo se tomaron muestras de agua marina con una botella Van Dorn a -1 m para analizar los siguientes parámetros físico-químicos en el laboratorio acreditado en la Norma UNE-EN-ISO 17025:

- Físicos: total de sólidos disueltos (TDS), TSS
- Biológicos: DBO, COD
- Nutrientes: nitrato, nitrito, amoníaco, total de nitrógeno y fósforo
- Iones comunes: SO_4 , Cl_2 , Mg, Ca, K, Na, F



- Orgánicos: aceites y grasas
- Cianuro: total y metales totales: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn.

Las muestras de agua marina recogidas se conservaron con conservantes adecuados en recipientes de plástico y vidrio (según analito) correctamente identificado y almacenado en nevera refrigerada a 4°C hasta su entrega en el laboratorio. Se han seguido los métodos de conservación para cada parámetro indicados en el Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008, Reglamentos Técnicos DGNTI-COPANIT y última actualización de Standard Methods. Los métodos de análisis y límites de cuantificación se incluyen en el **Cuadro 3**.

CUADRO 3. MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO Y LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN EN AGUA				
PARAMETRO	ABREVIATURA	UNIDADES	METODO DE ANÁLISIS	LC*
Fósforo total*	PT	mg/L	Método Estándar HACH 8048	< 0,02
Nitrógeno Amoniacal	NH4	mg/L	Método Estándar 4500 NH3C	< 0,02
Nitratos*	NO3	mg/L	Método Estándar HACH 8039	<0,3
Nitrogeno orgánico	NORG	mg/L	Método Estándar 4500 org	<0,2
Sólidos en suspensión (TSS)	SS	mg/L	Método Estándar 2540 D	<1
Carbono orgánico disuelto	DOC	mg/L	Método Estándar 5310	<1
DBO	DBO	mg/L O	Método Estándar 2340	<5
Aceites y grasas	AYG	mg/L	Método Estándar 2320	<10
Iones comunes	ION	Mg/L	Varios métodos	

*Lc: Límite de Cuantificación. * Analizados en menos de 48 h del muestreo

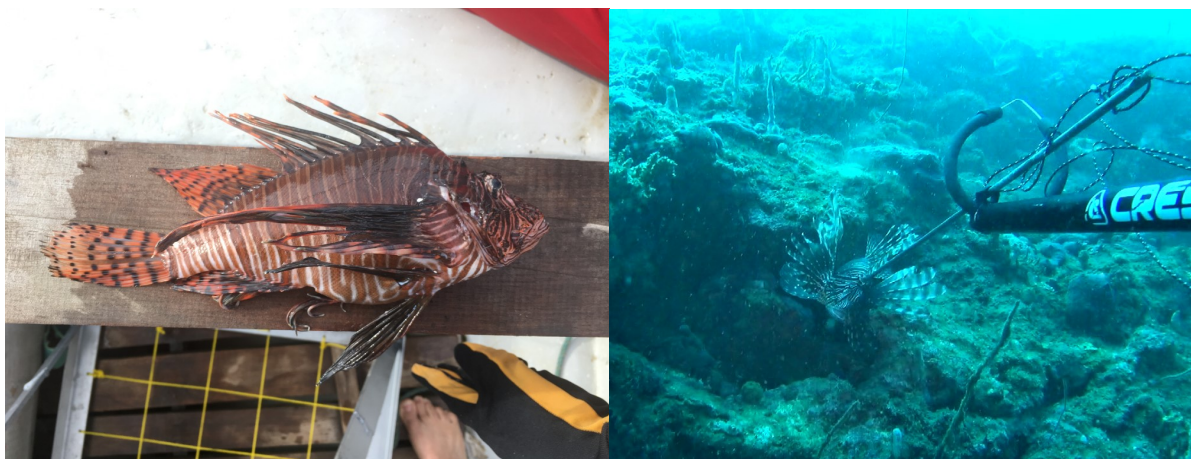


Toma de muestras de agua marina con una botella Van Dorn.

3.3. Metodología para el estudio de metales pesados en sedimentos y biota

Igualmente, se tomaron muestras de sedimento en los sitios de muestreo indicados en el **Cuadro 1**, para el análisis de los siguientes parámetros: composición granulométrica, carbono orgánico total (COT), hidrocarburos, aceites y grasas y metales: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se y Zn en laboratorio acreditado (UNE-EN-ISO 17025).

Las muestras de sedimentos se recogieron con una pala de teflón por los propios buceadores o con una draga tipo Eckman en el sitio Caimito Este. Las muestras recogidas se conservaron en recipientes de plástico y vidrio (según analito) correctamente identificados y almacenadas en neveras refrigeradas hasta su entrega en el laboratorio.



Captura de pez león para análisis de metales pesados

Asimismo, con el fin de evaluar si las operaciones están desplazando metales se ha llevado a cabo el muestreo y análisis del tejido de pez león (*Pterois antennata*)¹, a partir de las capturas de ejemplares con rifle-arpón recubierto de teflón. Los metales analizados en los ejemplares de pez león han sido los siguientes: Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V y Zn en laboratorio acreditado (UNE-EN-ISO 17025).

Las muestras de pez león se lavaron previamente con agua desionizada. En los peces, se extrajeron los tejidos musculares por encima de la línea lateral y a nivel del inicio de la aleta dorsal del pez completo, utilizando un cuchillo limpio de acero inoxidable. Con los tejidos extraídos se formaron un pool de 3 organismos para cada uno de los peces. Los cortes se introdujeron en bolsas de polietileno y se congelaron a -20°C hasta su envío al laboratorio. Una vez en el laboratorio, las muestras se secaron hasta peso constante a 80°C utilizando una estufa, maceradas en un mortero de porcelana y homogenizadas, hasta obtener 2 g de muestra seca.

¹ Se ha utilizado ejemplares de pez león, ya que tiene una dieta carnívora (peces, camarones y otros crustáceos, etc) y con su captura se ha contribuido a mermar sus poblaciones invasoras en el área, sin dañar a otras especies.



Posteriormente al secado, las muestras se trituraron con mortero de porcelana separando las porciones más gruesas. Se pasaron por un tamiz de 0.063 mm para obtener la fracción fina, se pesaron $0,30 \pm 0,01$ gramos de la muestra (fracción de 0,063 ó 0,4 mm) y se colocaron en un reactor de PTFE del microondas.

A continuación, se adicionaron 10 mL de HNO_3 y 2 mL de H_2O_2 , y cerrados herméticamente se realiza la mineralización. Después de mineralizar la muestra, el residuo obtenido se filtra y se lleva a un matraz de 100 mL. Después, se enrasa con agua destilada. La muestra está en disolución, preparada para el análisis. El análisis de las muestras se llevó a cabo en un ICP-MS (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo). Modelo Perkin Elmer NexION 300.

Los límites de cuantificación para los diferentes metales analizados sedimentos y biota (peces) son los siguientes (ver **Cuadro 4**), siempre referidos a peso seco.

CUADRO 4. LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN PARA LOS DIFERENTES METALES ANALIZADOS		
ANALITO	UNIDADES	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN (LC en mg/Kg peso seco)
Al	mg/Kg	6,9
As	mg/Kg	0,69
B	mg/Kg	6,9
Cd	mg/Kg	0,69
Cr	mg/Kg	3,6
Cu	mg/Kg	1,8
Fe	mg/Kg	6,9
Hg	mg/Kg	0,06
Mn	mg/Kg	3,6
Ni	mg/Kg	3,6
P	mg/Kg	3,6
Pb	mg/Kg	0,69
Sb	mg/Kg	0,69
Sn	mg/Kg	0,69
Zn	mg/Kg	3,6



3.4. Monitoreo de hábitats rocosos (comunidad de fondo duro)

Dentro de las métricas a analizar en los hábitats de fondos rocosos-duros se incluyen:

- Porcentaje de cobertura de los organismos del arrecife, incluyendo la cobertura del coral y la densidad de las colonias coralinas.
- Tipos y diversidad de los organismos del arrecife en el sustrato.
- Porcentaje de la cobertura por algas.
- Uso observado del sustrato por parte de los peces y otros organismos móviles.

En cada sitio de monitoreo somero y profundo definido anteriormente, se estableció un transecto lineal fijo paralelo a la costa. Para delimitar dicho transecto, se utilizaron en el año 2015 varillas de hierro, las cuales fueron enterradas al inicio y fin de cada transecto, como marca permanente para éste y los futuros eventos de monitoreo en estos puntos; adicionalmente, dentro de cada transecto también se colocó varillas de hierro, cada 5 m para facilitar la ubicación y orientación durante el muestreo.

Durante el presente monitoreo, se localizaron estas varillas, manteniendo la longitud de cada transecto de 40 m, que fue subdividido en tres tramos de 10 m de largo y cada tramo separado entre sí por 5 m (en dónde no se muestreaba). En total, se han muestreado tres tramos de 10 m de largo por 1 m de ancho, lo que equivale una superficie de muestreo de 30 m² por transecto.

Una vez identificado y establecido el transecto, se ha cuantificado mediante una cuadrata de 1 m² sujeto por una base el porcentaje de cobertura (por m²) de algas, algas incrustantes, corales, octocorales, esponjas e invertebrados.

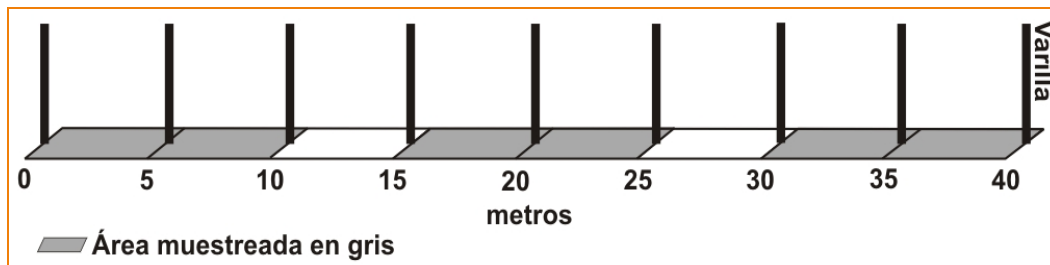


Figura 3. Esquema que demuestra cómo fueron marcados los transectos utilizados en el monitoreo de Fondo Duro. Las áreas grises corresponden a los tres segmentos de 10m² en dónde se realizaban las mediciones.

Igualmente, se han tomado secuencias de fotos por cada cuadrata, que servirán para la evaluación de las tendencias con el paso del tiempo en estas ubicaciones y para verificar en el laboratorio el uso del sustrato por parte de peces y otros organismos móviles.

Para la movilización del personal y el equipo de trabajo, se utilizó un bote de fibra de vidrio de 25 pies de largo con motor fuera de borda de 60 hp facilitado por MINERA PANAMÁ. Los datos fueron recolectados a través de buceos de diferente duración realizados por un equipo de dos buzos profesionales con equipo de buceo autónomo y apoyo de un tercer buzo-paramédico desde la embarcación.

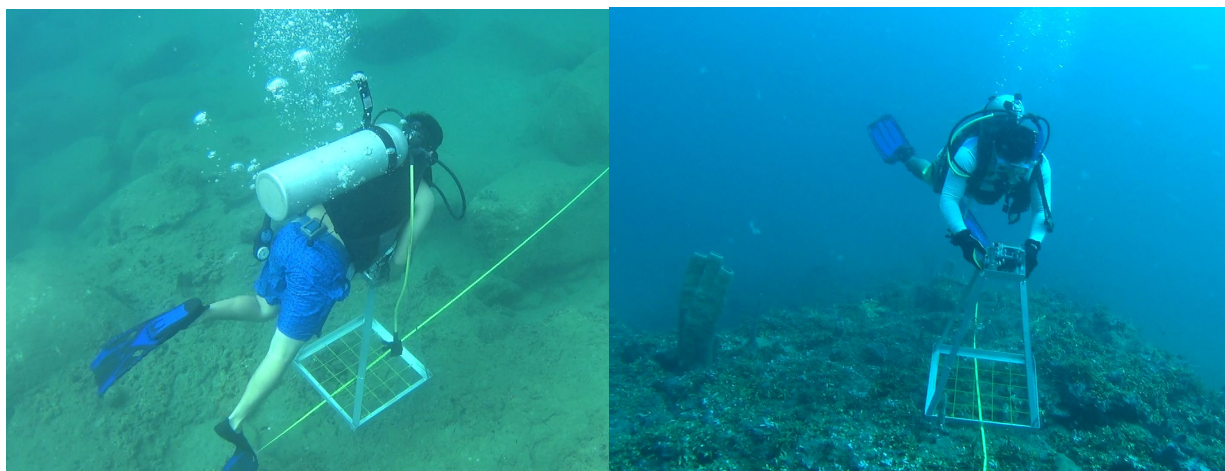


Para la clasificación e identificación de los organismos se utilizaron las guías de identificación de Humann (2006) sobre corales, peces y creaturas arrecifales; en los libros de Veron (2000) para identificación y listado de especies corales pétreos; para la Identificación de corales blandos en campo, en la guía de Humann (2006), en la guía publicada por la Universidad de Warwick (2007) para la identificación visual de este grupo, otras guías STRI Bocas Data Base (2012) y Collin et al. (2005), para invertebrados. Además, se realizaron consultas a diferentes especialistas a partir de las muestras fotografiadas.

Para el cálculo de densidad por área a partir de imágenes se utilizó el programa CPCe (Coral Point Count con extensiones de Excel), que es un software basado en Windows (solo para PC) que proporciona una herramienta para la determinación de la cobertura de coral usando fotografías de transectos.

Un número especificado de puntos espacialmente aleatorios se distribuyen en una imagen y las características subyacentes a los puntos son identificados por el usuario. A continuación, se calculan las estadísticas de cobertura y se resumen los resultados en una hoja excell.

Los análisis y clasificación de las imágenes fueron llevadas a cabo por zoólogos marinos de amplia experiencia en estudios similares en el mar Caribe de Panamá, apoyados en algunos casos por especialistas en cada uno de los grupos estudiados.



Muestreo de fondos duros con cuadrante sobre soporte al que va incorporado la cámara submarina. Con esta técnica se ha mejorado la calidad y precisión de las fotografías submarinas en los cuadrantes de muestreo.



3.5. Monitoreo de biología marina (comunidad de fondo blando y peces)

El monitoreo de biología marina ha constado de:

- Monitoreo de la calidad del agua (química del agua), el cual se realizará durante el monitoreo marino (ver el punto anterior).
- Monitoreo de la calidad y estructura de los sedimentos, el cual una parte (química de los sedimentos) se realizará como parte del Monitoreo Marino y el tamaño de las fracciones del sedimento (ver el punto anterior).
- Evaluación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (bentos marino) en fondos blandos.
- Evaluación de la estructura de los peces, al igual que la presencia y densidad estimada del pez león.
- Monitoreo de las concentraciones de metales en el tejido de los peces (ver el punto anterior).

A) Evaluación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos

En los seis sitios de muestreo, se ha procedido a tomar 3 muestras de fondos blandos (2 para bentos marino y 1 para análisis de sedimentos), utilizando una draga tipo Eckman de 0,0225 m² de área de apertura o mediante la ayuda de buceadores en una superficie aproximada de 0,045 m² y 5-10 cm de profundidad de sedimento. Las muestras se rotularon y posteriormente fueron tamizadas en un tamiz de 500 micras de tamaño de malla, para eliminar el sedimento y retener los organismos bentónicos. Los organismos se almacenaron en frascos plásticos debidamente etiquetados con la información de la colecta y fijados con alcohol al 95% para su análisis en laboratorio.

Para el análisis de las muestras, se empleó un estereoscopio y se utilizaron claves de identificación para diversos grupos taxonómicos como la de Fauchald, 1977; Salazar-Vallejos, 1991 y Liñeros, 1997 para los poliquetos; Abbott, 1954; Keen, 1971 para los moluscos; Rodríguez, 1980 para los crustáceos. La identificación se realizó de manera que se pudiera determinar hasta el menor taxón posible. Adicionalmente se ha obtenido la información sobre densidad (n° individuos/m²) y el número de individuos por especie.

B) Evaluación de la estructura de los peces, al igual que la presencia y densidad estimada del pez león

Para la evaluación de las poblaciones de peces y la recolección de datos, un buzo nadaba en línea recta por 15 minutos siguiendo el transecto marcado para cada sitio de muestreo. En ese tiempo se realizaba las estimaciones de riqueza de especies, mientras otros dos buzos nadaban de forma errante en profundidad y un tercero en superficie (con snorkel), obteniendo información sobre la abundancia de peces y especies de interés económicas o ecológicas (entre ellas, observaciones del pez león); con la ayuda de una tablilla los buzos anotaron sus observaciones. Durante los trabajos se utilizaron cámaras submarinas de fotos y video (marcas CANNON, SONY y GO PRO) y apoyo desde una embarcación.



3.6. Monitoreo de rompeolas

Durante el segundo monitoreo de 2018 se ha continuado con los muestreos en el rompeolas del puerto de Punta Rincón iniciados en el monitoreo del año 2016, como parte de un estudio específico para valorar estas nuevas áreas como hábitats artificiales. Para ello, se seleccionaron siete (7) sitios de muestreo o transeptos de control (RO1 a RO7), situados en la parte externa e interna del rompeolas y distribuidos de forma representativa en toda su longitud. En el **Cuadro 5** se incluyen las principales características de los sitios de muestreo en el rompeolas y actividades realizadas. y en la **Figura 3** se localizan estos sitios y transeptos en el rompeolas.

CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN EL ROMPEOLAS				
CÓDIGO SITIO DE MUESTREO	ZONA ROMPEOLAS	ACTIVIDADES REALIZADAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			ESTE	NORTE
RO1	Externa	Estudio fondos duros y peces	533234	997207
RO2	Externa	Estudio fondos duros y peces y calidad aguas	533316	997312
RO3	Externa	Estudio fondos duros, peces	533476	997298
RO4	Interna	Estudio fondos duros y peces	53480	997310
RO5	Interna	Estudio fondos duros y peces y calidad aguas	533315	997181
RO6	Interna	Estudio fondos duros y peces	533365	997232
RO7	Externa Extremo rompeolas	Estudio fondos duros y peces	533371	997244

Se realizaron los mismos muestreos que en fondos duros y comunidades de peces, con la misma metodología descrita en el apartado anterior, centrando los trabajos en la determinación de las siguientes variables:

- Porcentaje de cobertura de los organismos del arrecife, incluyendo la cobertura del coral y la densidad de las colonias coralinas.
- Tipos y diversidad de los organismos del arrecife en el substrato.
- Porcentaje de la cobertura por algas.
- Composición y abundancia de peces.

Al igual que en el muestreo biológico en fondos duros, se ha cuantificado -utilizando una cuadrata de 1 m² el porcentaje de cobertura (%) de algas, algas incrustantes, corales, octocorales, esponjas e invertebrados, así como fotografía y vídeo submarino de cada sitio de muestreo. Igualmente, se tomaron muestras de agua en dos sitios para análisis químicos de los



mismos parámetros que en el resto del estudio de calidad de aguas, uno en la parte interna del rompeolas (RO5) o puerto de abrigo y otra en la parte externa del mismo (RO3).

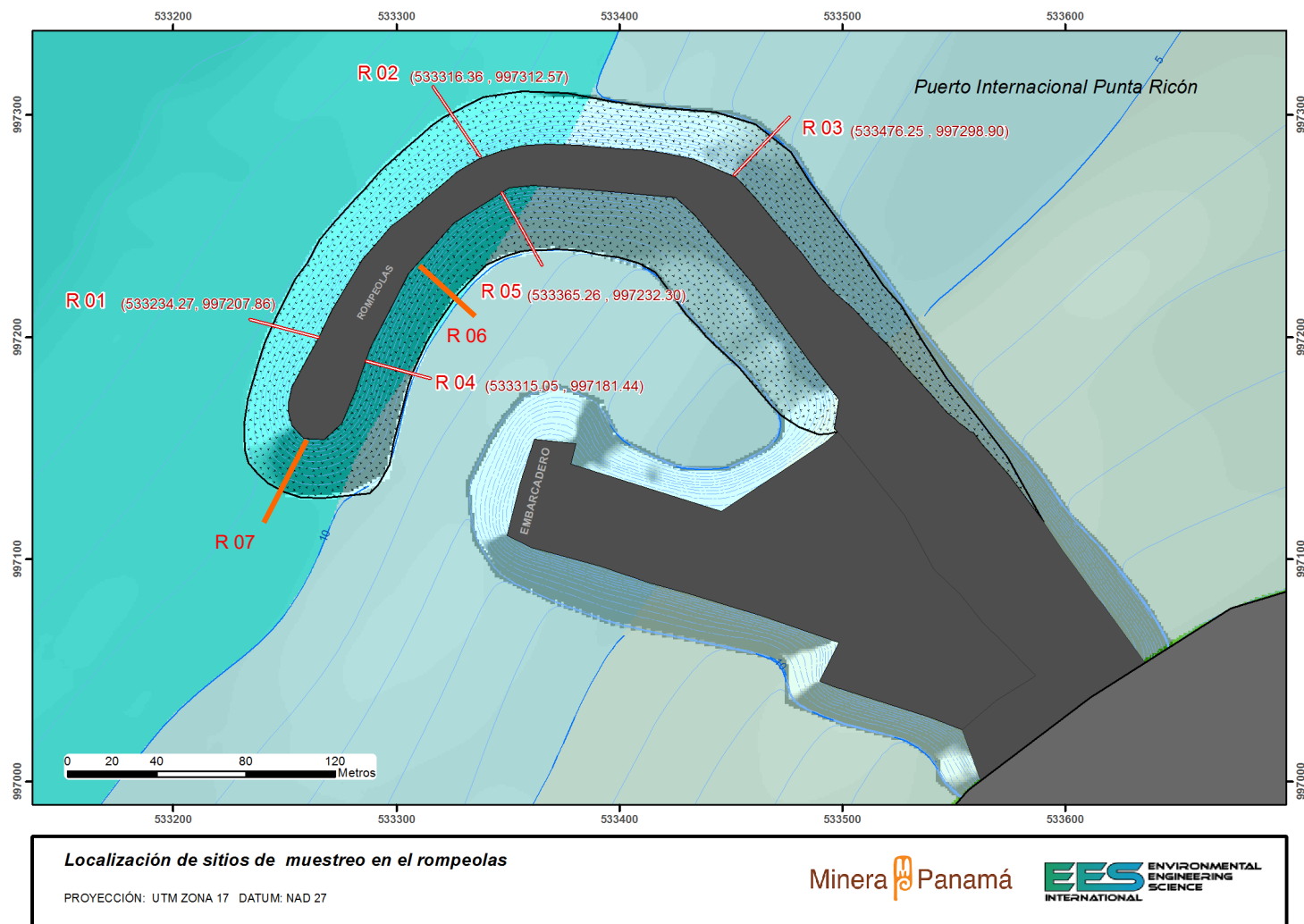


Figura 3. Localización de los sitios de muestreo y transeptos en el rompeolas.



4. RESULTADOS

4.1. Calidad de agua

4.1.1. Condiciones de los muestreos y medidas in situ

Los resultados de las medidas *in situ* de los parámetros físico-químicos a -1 m y las condiciones ambientales en las que se efectuaron los muestreos se incluyen en el **Cuadro 6**.

Durante este período, las condiciones atmosféricas fueron muy similares, presentando cielos nublados (20-90% nubes), ausencia de lluvias y una temperatura ambiente en el rango de 28-30°C.

Las medidas de parámetros físico-químicos del agua marina efectuadas con sonda multiparamétrica in situ, indican unas condiciones propias del mar Caribe para la época con moderada a alta concentración de oxígeno disuelto (sobre 6,7-6,8 mg/l y 102-99% de saturación), conductividades propias de agua de mar (46,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y un pH de 8.2 unidades.

Se aprecian claras diferencias entre el contenido de sólidos en suspensión y la turbidez entre el sitio Caimito Este (12,2 NTU) y el resto de sitios de muestreo, destacando los bajos valores registrados en los sitios R3, R33, R12, R15 y R18 (<5 NTU).

Se destaca que en ningún sitio se incumplen los límites para temperatura (variaciones superiores a 3°C de las condiciones naturales), pH (6,5-8,5 unidades pH), turbiedad (50-100 NTU), sólidos en suspensión (<50 mg/L) y oxígeno disuelto (6-7 mg/L) del Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008.

Por su parte, en las gráficas 3D se incluyen los perfiles de temperatura, oxígeno disuelto y turbidez en toda la columna de agua de cada sitio de muestreo.



CUADRO 6. MEDIDAS IN SITU DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (-1 m) Y CONDICIONES DE LOS MUESTREO

SITIO	FECHA DE MUESTREO	VIENTO/OLEAJE	COND. MUESTREO	pH	TURBIEDAD (NTU)	T (°C)	COND. (μS/cm)	OD (mg/L)	OD (% SAT)
R3	11/10/18	NW/<1 B-<1 m	60-80% nubes	8.2	<5	29,3	46,500	6.7	101.1
R33	11/10/18	NW/<1 B-<1 m	80-90% nubes	8.2	<5	29,6	46,600	6,8	102.9
Caimito Este	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	12.0	29,5	46,500	6.7	101.0
R12	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.4	46,600	6.8	101.2
R15	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.5	46,500	6.7	99.8
R18	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.6	46,600	6.7	102.2
T1	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.6	46,600	6.7	99.7
T2	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.1	<5	29.5	46,600	6.9	101.2
E-4	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.4	46,600	6.7	102.1
E-10	11/10/18	Calma/<1 B-<1 m	20-80% nubes	8.2	<5	29.5	46,600	6.8	101.1

NOTA. Se indica con un sombreado en verde que se cumple con el nivel de calidad establecido para el parámetro en el Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008. Para el viento/oleaje se indica la dirección (rosa de los vientos), velocidad del viento (escala Beaufort) y altura de la ola (m).

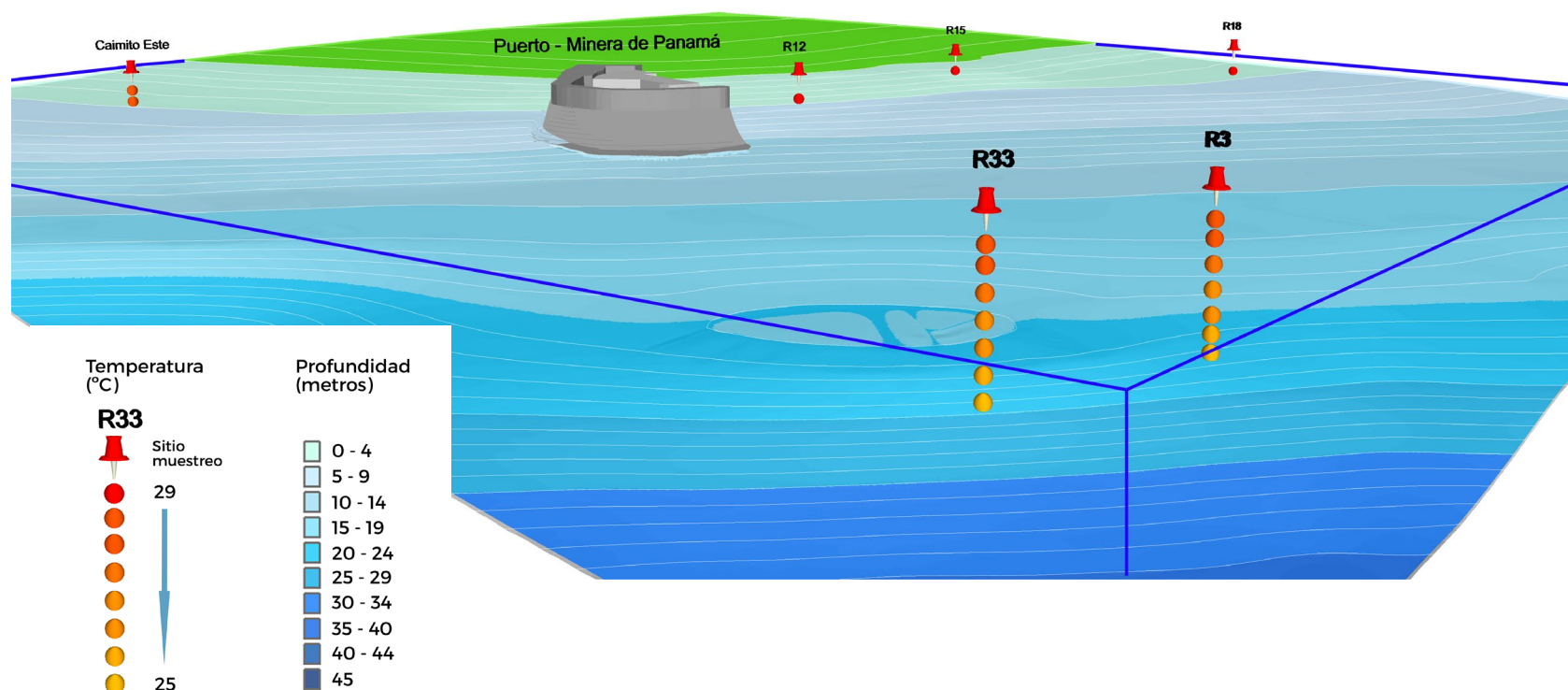


Figura 4. Perfiles de temperatura (°C) en la columna de agua en cada sitio de monitoreo.

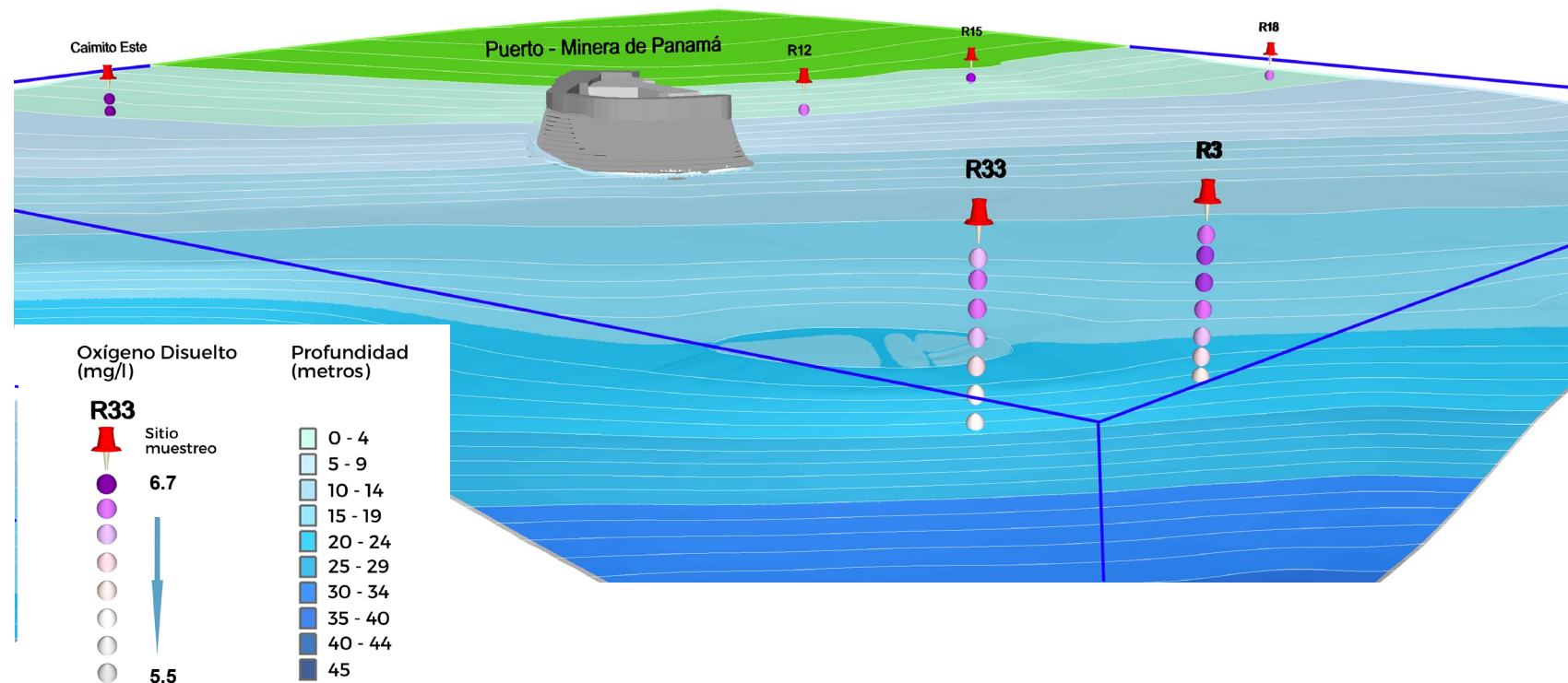


Figura 5. Perfiles de oxígeno disuelto (mg/L) en la columna de agua en cada sitio de monitoreo.

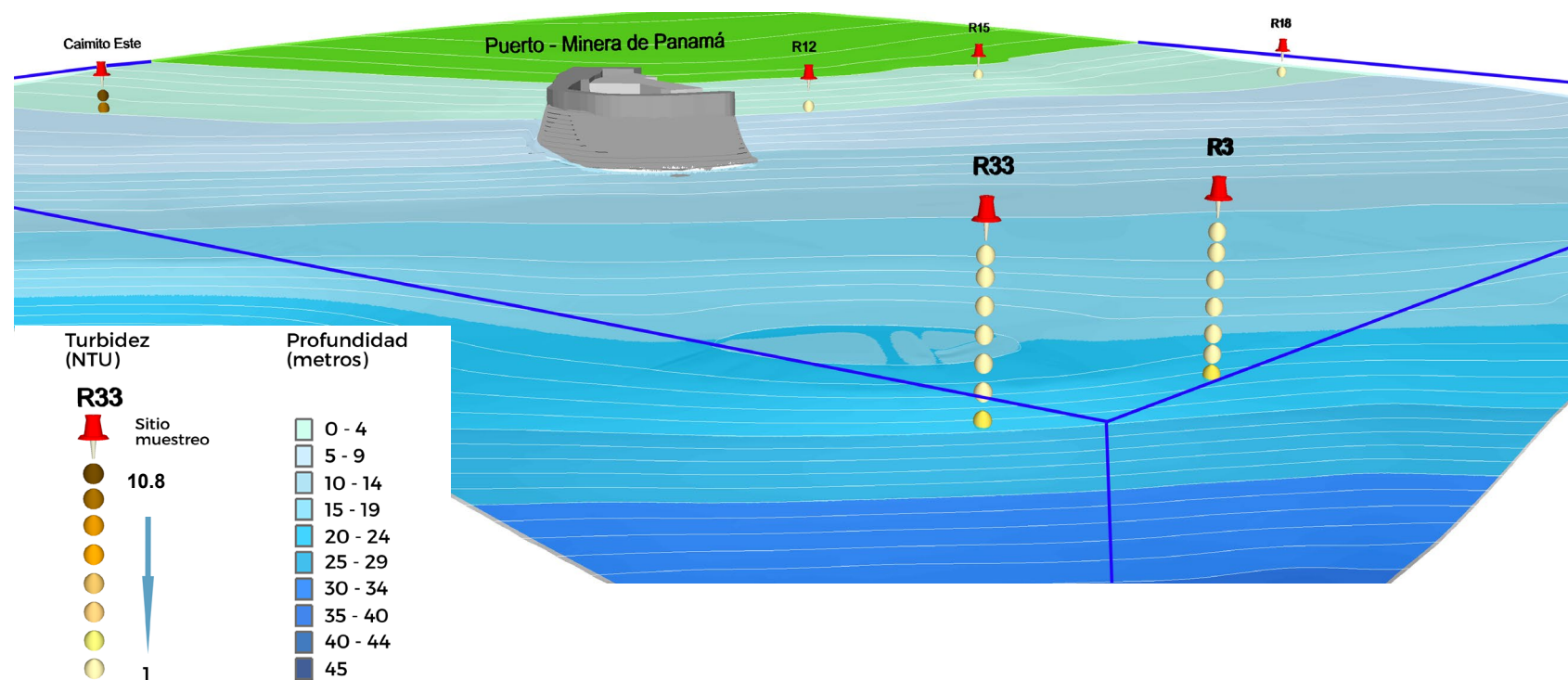


Figura 6. Perfiles de turbidez (NTU) en la columna de agua en cada sitio de monitoreo.



4.1.2. Química del agua marina

En el **Anexo 1** se incluyen los Informes de Ensayo de los análisis de laboratorio acreditado en la Norma UNE-EN-ISO 17025 de todos los análisis realizados en agua marina.

En el **Cuadro 7** se resumen los resultados y el grado de cumplimiento de la norma legal. En relación a los resultados de calidad de aguas obtenidos, se destacan los siguientes puntos:

- Todos los sitios de muestreo presentan concentraciones en los parámetros analizados muy similares, sin diferencias significativas entre ellos. Son propios de aguas marinas del litoral del Caribe panameño, en donde no se aprecian efectos de la posible contaminación asociado con las obras de construcción del puerto o de la propia mina.
- Por su parte, el sitio de muestreo Caimito Este presenta, para algunos parámetros (TSD y nutrientes), concentraciones ligeramente más altas que el resto de sitios de muestreo, debido a que este punto se encuentra muy próximo a la desembocadura del río Caimito, que aporta este tipo de sustancias al agua procedente de la escorrentía de su cuenca.
- En ningún caso, las concentraciones de los parámetros analizados indican contaminación de origen antrópico, correspondiendo los valores más altos en el punto próximo a la desembocadura del río Caimito de origen telúrico.



Desembocadura del río Caimito.



CUADRO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
TSS	mg/L	31,500	31,200	31,800	31,600	31,450	31,400	31,230	31,510	31,634	31,300
TSD	mg/L	120	128	410	130	124	133	134	145	124	132
DBO	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
COD	mg/L	1.4	1.1	1.9	1.3	1.2	1.2	1.1	1.5	1.3	1.2
Nitrato NO3	mg/L	0.21	0.23	0.56	0.12	0.15	0.19	0.24	0.10	0.16	0.23
Nitrito NO2	mg/L	0.010	0.015	0.012	0.025	0.010	0.010	0.012	0.011	0.015	0.010
Amonio NH4	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
N total	mg/L	1.3	0.7	2.1	0.5	1.1	1.2	1.4	1.1	1.2	1.4
Fosf. PO4	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Sulfatos SO4	mg/L	3300	3215	3300	3410	3600	2950	3457	3800	3310	3400
Cloruros Cl	mg/L	11,300	11,250	11,900	11,410	11,320	11,780	11,500	11,890	11,460	11,700
Magnesio	mg/L	1130	1120	1100	1110	1115	1201	1200	1120	1150	1300
Calcio	mg/L	340	345	355	320	330	361	390	350	368	380
Potasio	mg/L	533	545	536	551	560	575	540	560	567	490
Sodio	mg/L	8450	9100	9320	9600	9250	9200	8500	9100	8990	9200
Fluoruro	mg/L	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.10	1.12	1.00	1.10	1.11
Aceites y G	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Aluminio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Antimonio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Antimonio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001



CUADRO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
Arsénico dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Bario dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Bario tot	mg/L	<0.001	<0.001	10.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Berilio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Berilio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hierro dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hierro tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001



CUADRO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
Manganeso dis.	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Manganeso tot.	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno dis.	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno tot.	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plata dis	mg/L	0.340	0.356	0.388	0.420	0.320	0.345	0.420	0.356	0.560	0.210
Plata tot	mg/L	0.456	0.435	0.470	0.510	0.478	1.210	1.34	0.54	0.35	0.49
Plomo dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plomo tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

4.2. Calidad de sedimentos

4.2.1. Análisis granulométrico de sedimentos

Para el análisis granulométrico del sedimento, se utilizó el método de tamizado mecánicos de Folk (1957), siguiendo los procedimientos de la norma UNE-EN-ISO ISO 3310/1. Las muestras de sedimento marino se secaron en un horno Selecta a 110 ° C, por un período de 24 horas.

A continuación, se retiró 100 gramos de cada muestra seca, que se tamizaron sobre una batería completa de tamices (1 mm, 0.5 mm, 0.250 mm, 0.125 mm, 0.063 mm y <0.063 mm), a fin de separar las fracciones gruesas (grava-arena-limos gruesos) y las fracciones finas (limos medios-arcillas) de cada muestra. Las fracciones retenidas en cada tamiz, se pesaron para determinar los porcentajes correspondientes a cada fracción.



Columna de tamices y balanzas de precisión empleados para los análisis granulométricos de sedimentos marinos

En las figuras adjuntas se incluyen las curvas granulométricas de cada sitio de muestreo.

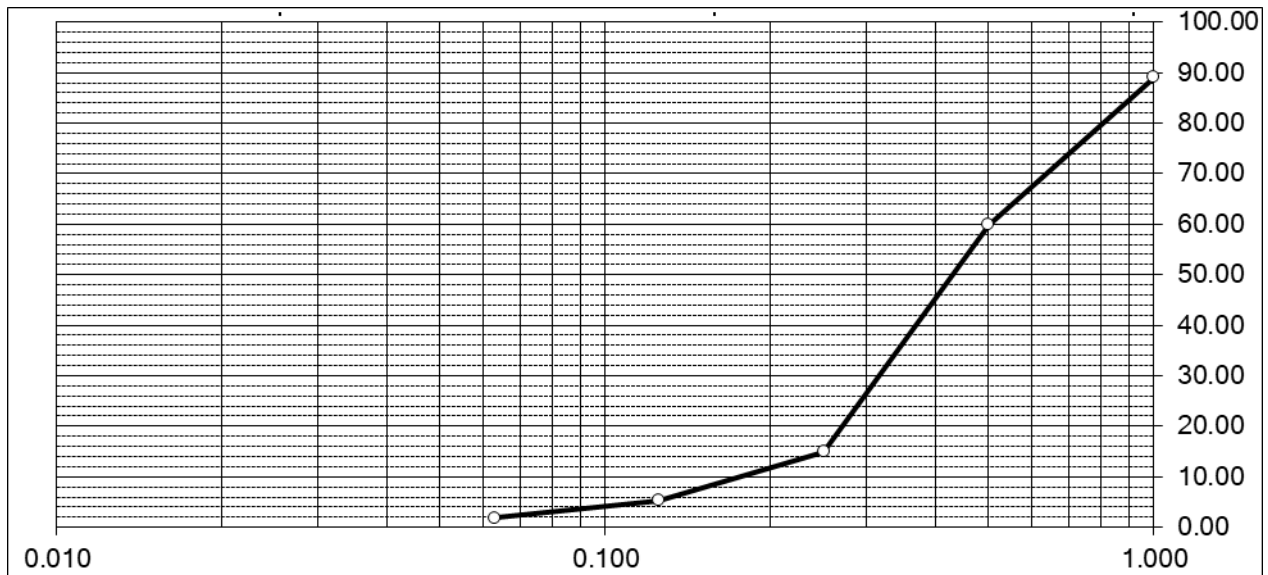


Figura 7. Curva granulométrica característica R12.

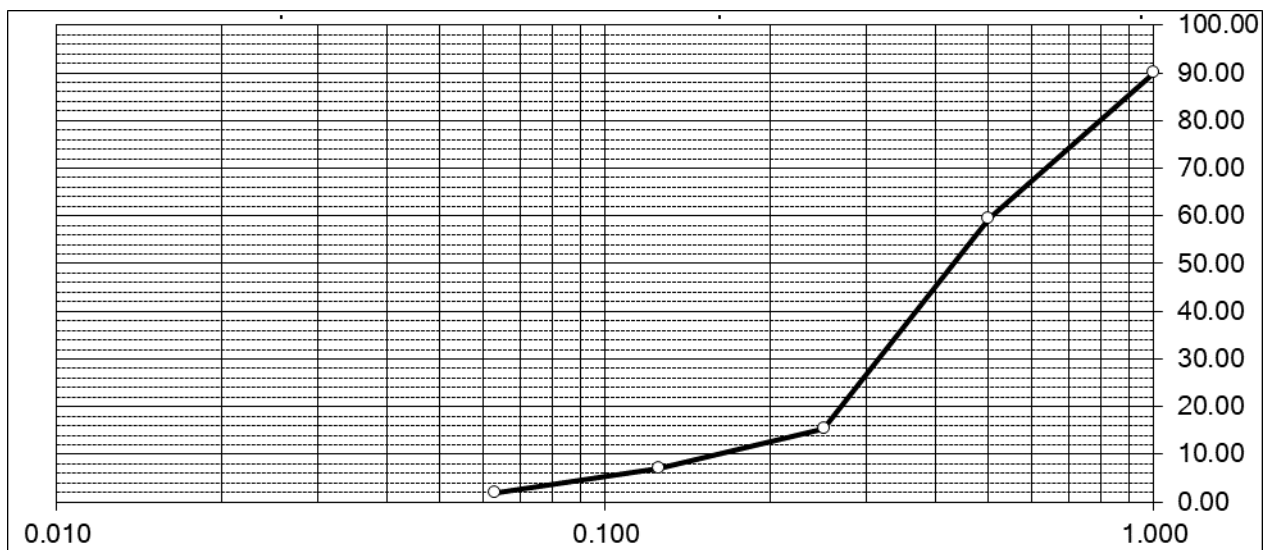


Figura 8. Curva granulométrica característica R15.

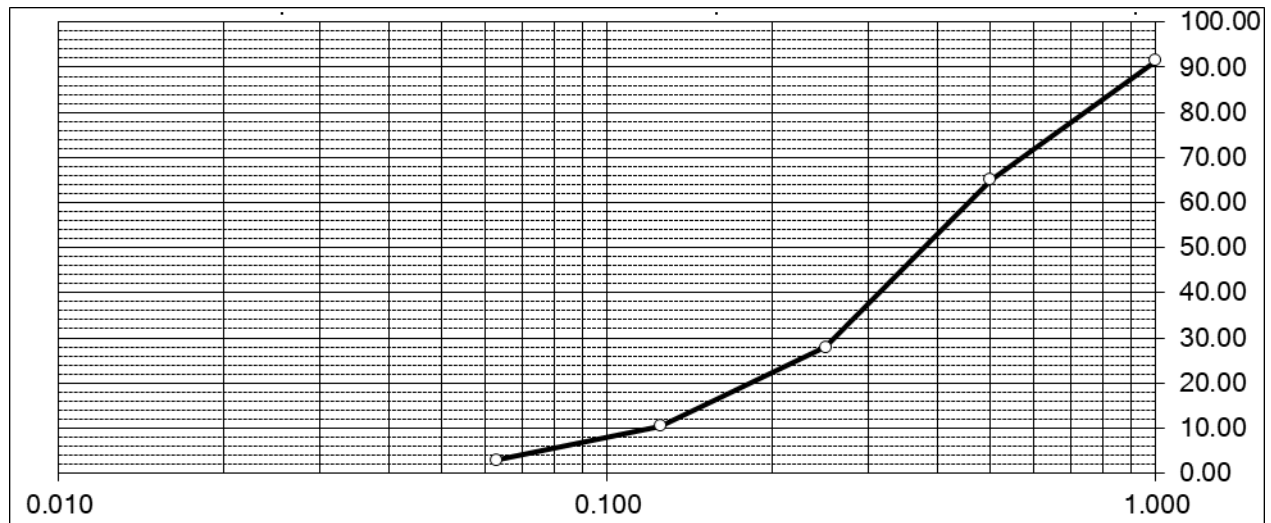


Figura 9. Curva granulométrica característica R18.

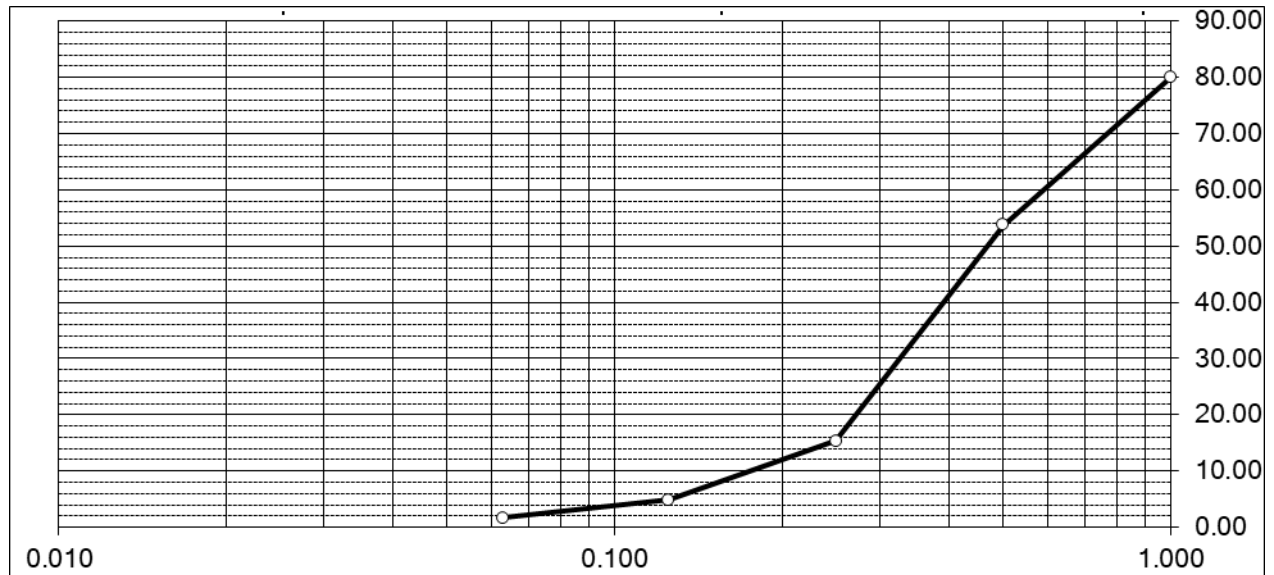


Figura 10. Curva granulométrica característica R3.

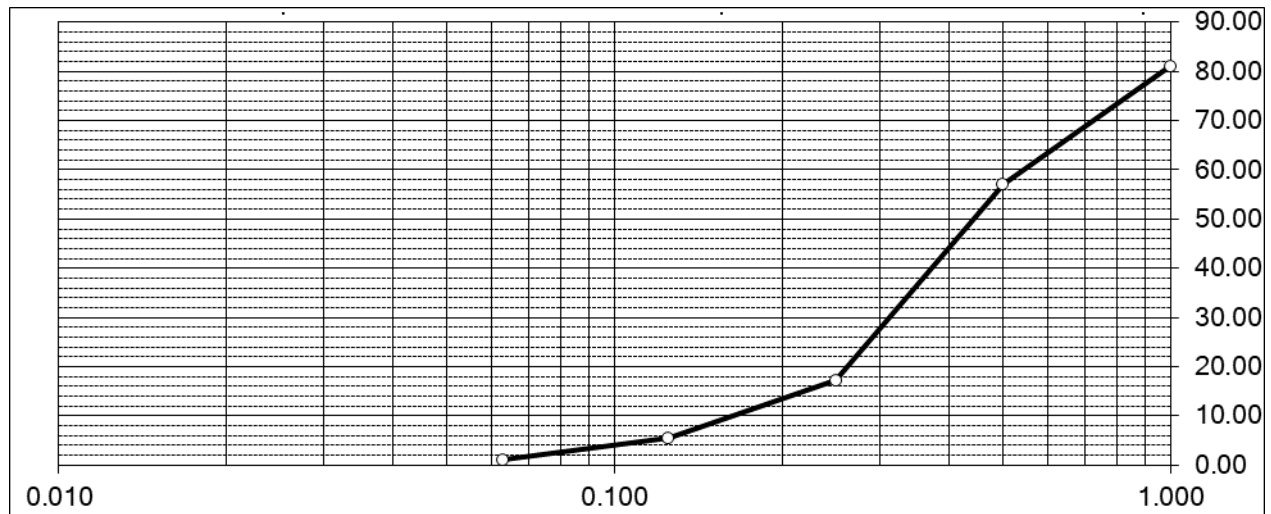


Figura 11. Curva granulométrica característica R33.

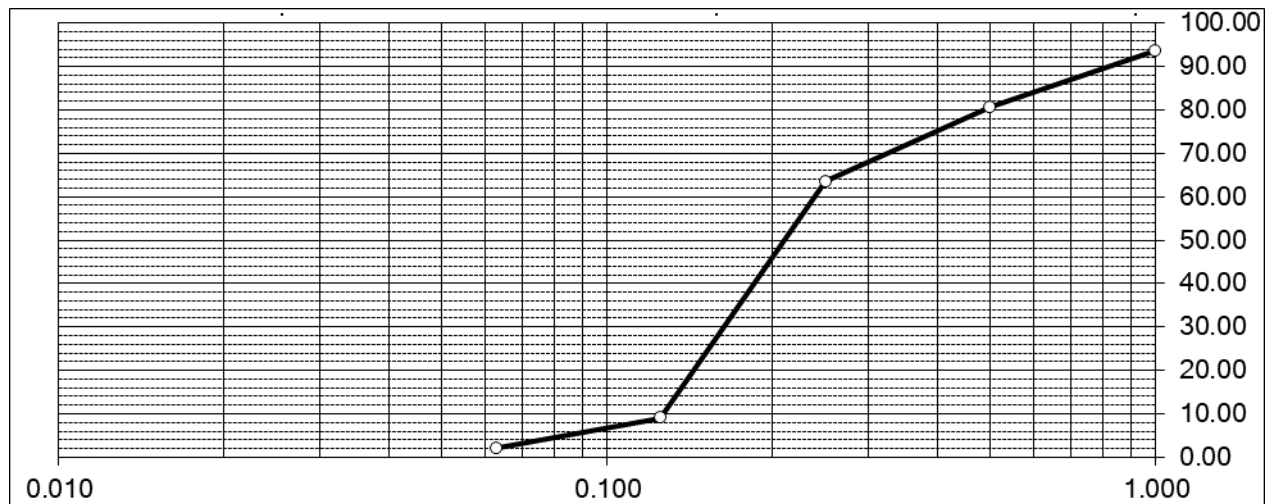


Figura 12. Curva granulométrica característica Caimito Este.

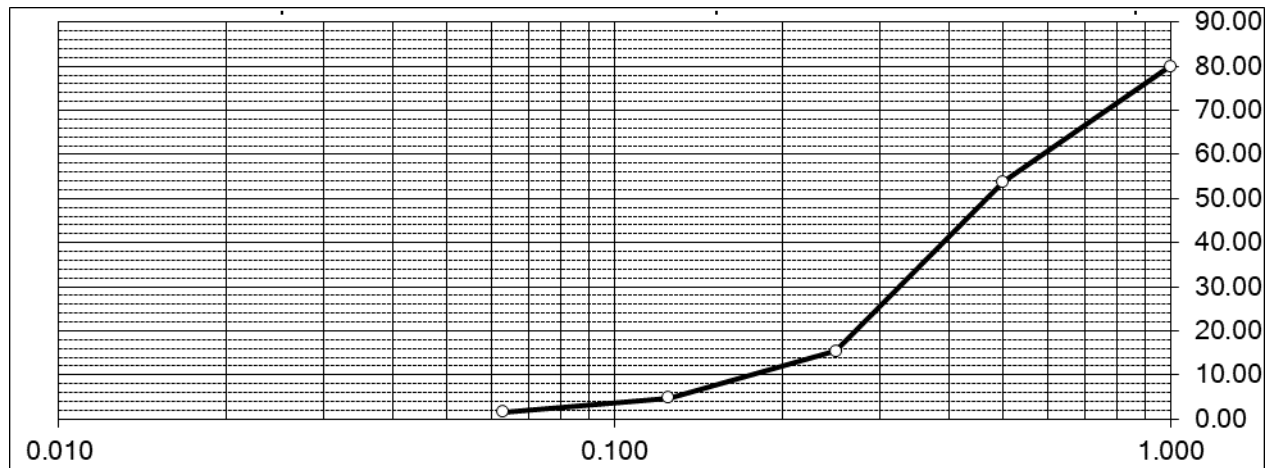


Figura 13. Curva granulométrica característica T1.

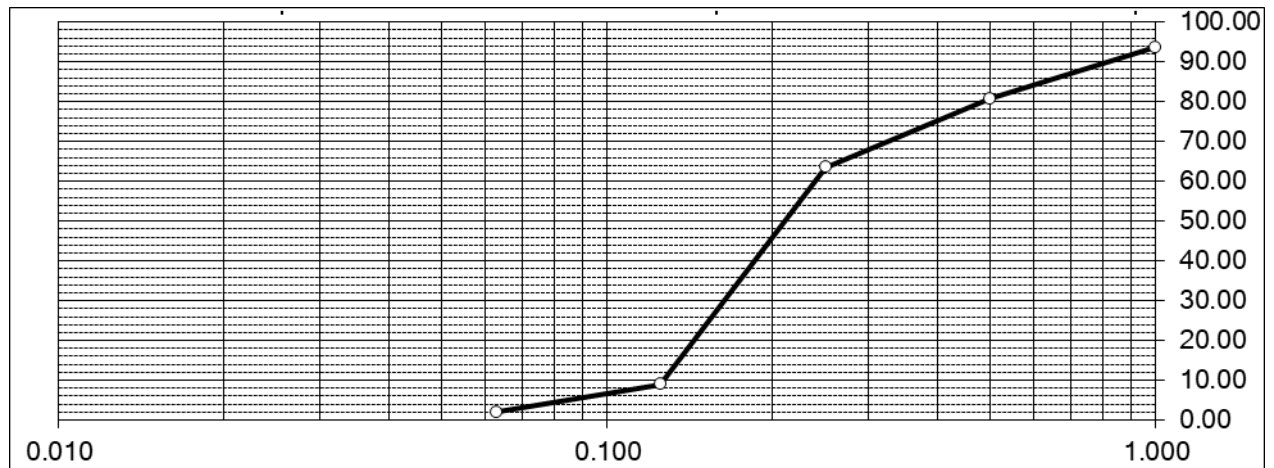


Figura 14. Curva granulométrica característica T2.

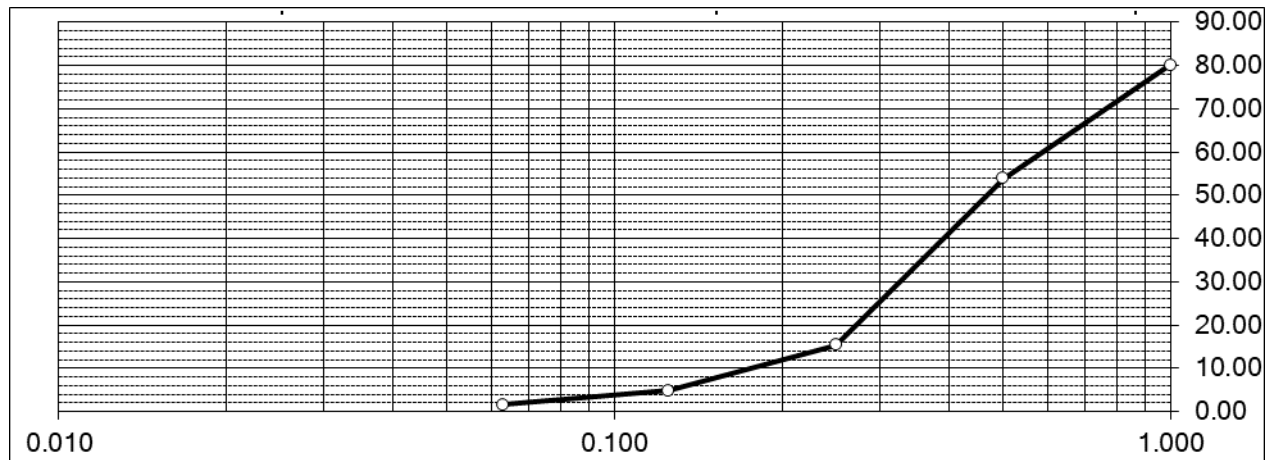


Figura 15. Curva granulométrica característica E-4.

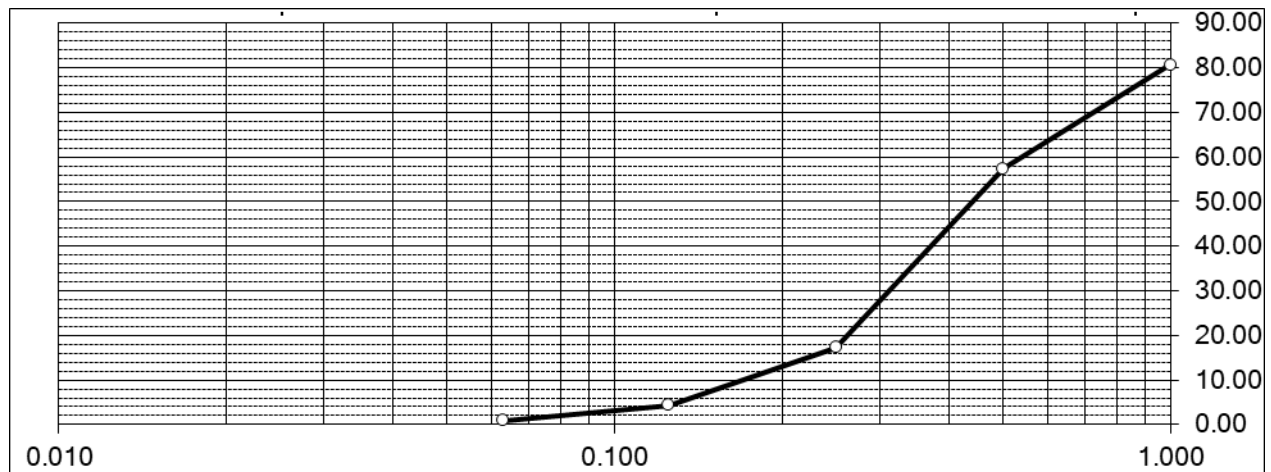


Figura 16. Curva granulométrica característica E-10.



Los resultados obtenidos indican que los fondos blandos que componen los diferentes sitios de muestreo son relativamente homogéneos en su composición granulométrica. Predominan las arenas medias a gruesas, sin diferencias significativas entre las muestras, y características del litoral caribeño. Caimito Este se comporta ligeramente diferente al resto de sitios, con mayor predominio de la componente de 0.125 mm.

Por consiguiente, no se aprecia efectos asociados con la construcción del Puerto o de las actividades de la mina, debido al escaso porcentaje de arenas finas y limos presentes en los sedimentos de los sitios someros de R12, R15 y R18 (más próximos a la costa y potencialmente influenciados) y los situados en áreas más profundas (R3 y R33). Los sitios T1 y T2 presentan una composición mayoritaria de arenas, al igual que E-4 y E-10.

En la **Figura 17** se representan de forma porcentual (%) la distribución granulométrica en cada sitio muestreado.

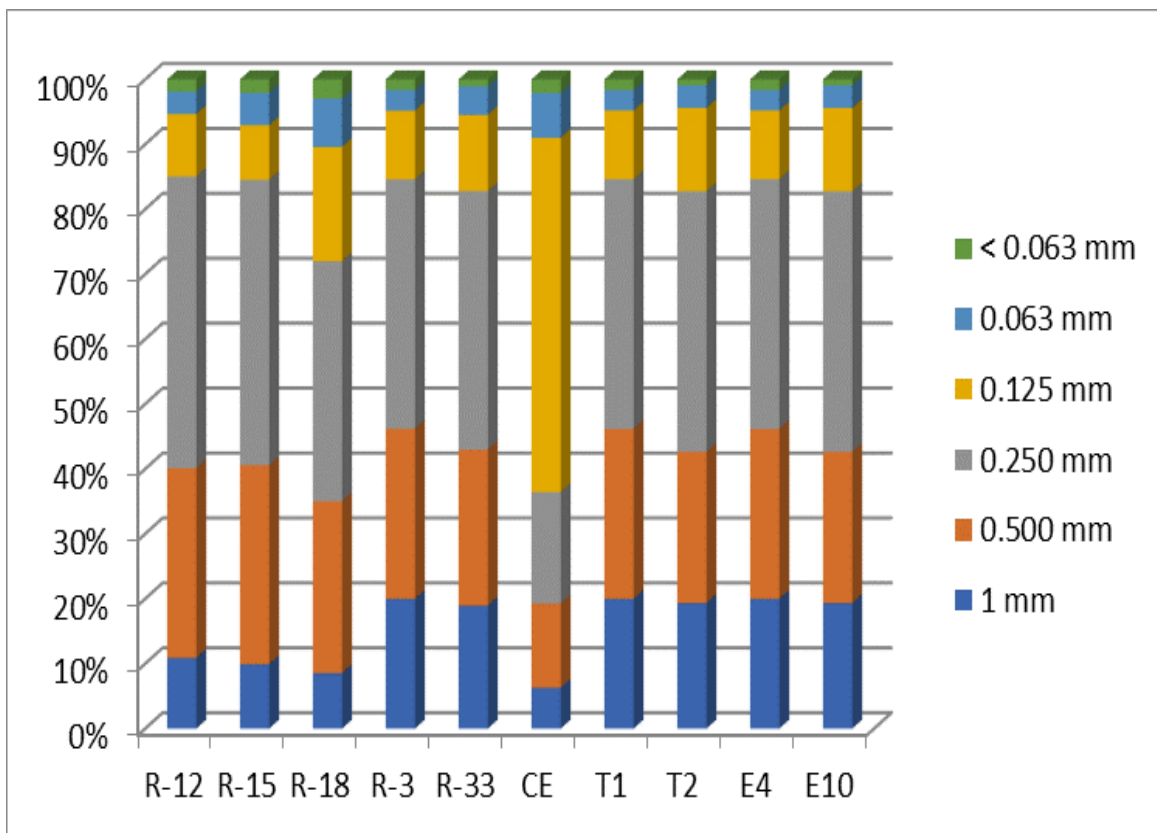


Figura 17. Distribución porcentual (%) de la composición granulométrica en los diferentes sitios de muestreo (gravas y arenas muy gruesas >2mm; arenas 0.06-2 mm; <0.06 mm arcillas y limos).



4.2.2. Análisis de sedimentos

Para valorar el grado de contaminación de los sedimentos se ha empleado el protocolo del Consejo Canadiense de los Ministerios del Ambiente (CCME, 1995).

El protocolo canadiense contempla dos niveles de referencia (ver **Cuadro 8**): el límite de efectos bajos (LEB) y el límite de efectos altos (LEA), tanto para sedimentos de agua dulce como para sedimentos de agua marina.

En los dos casos, el primero expresa la concentración por debajo de la cual la probabilidad de toxicidad es menor del 20% y el segundo define el nivel por encima del cual la probabilidad de toxicidad es menor del 50%.

CUADRO 8. PROTOCOLO DEL CONSEJO CANADIENSE DE LOS MINISTERIOS DEL AMBIENTE (CCME). SEDIMENTOS DE AGUA DULCE		
ELEMENTO	LÍMITES EFECTOS BAJOS (LEB)	LÍMITE EFECTOS ALTOS (LEA)
	mg/kg de suelo	
Arsénico	5,90	17
Cadmio	0,60	3,50
Cromo	37,3	90
Cobre	35,7	197
Plomo	35	91,3
Mercurio	0,17	0,486
Zinc	123	315

Por su parte, en el **Cuadro 9** y **Anexo 1** se recogen los análisis de metales pesados totales en sedimentos referido a materia seca (s.m.s.).

No se han encontrado diferencias significativas en el contenido en metales pesados y otros compuestos entre los sitios de muestreo analizados.

Para todos los sitios de muestreo, los metales en sedimentos cumplen con el límite de efectos bajos (LEB), por lo que no se han detectado efectos de contaminación en el entorno del puerto y la mina.

Por su parte, los valores de carbono orgánico y otros compuestos son típicos de sedimentos no alterados y propios de la zona marina litoral estudiada.



CUADRO 9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

PARÁMETRO	UNIDADES (sms)	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
COT	mg/kg	2.1	2.4	2.1	2.2	2.4	2.2	1.5	1.7	2.1	1.9
Aceites y grasas	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
HIT	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/kg	7,710	6,220	7,100	6,730	8,340	8,230	8,250	7,690	7,250	7,140
Antimonio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/kg	21.00	16.10	11.30	14.10	13.00	12.00	14.70	12.90	20.40	10.35
Bario tot	mg/kg	11.00	10.00	10.20	8.65	12.10	10.20	7.90	10.10	11.70	12.80
Berilio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/kg	2.20	1.15	1.20	1.30	3.10	8.12	3.40	1.58	2.67	1.90
Hierro tot	mg/kg	20,400	21,320	20,200	12,410	20,550	20,120	15,300	22,600	18,900	16,750
Manganeso tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plata tot	mg/kg	2.20	2.10	2.31	2.10	3.00	2.25	2.10	2.09	1.90	1.85
Plomo tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

NOTA: referido a materia seca (s.m.s.).



4.3. Análisis de metales pesados en peces

Por su parte, en el **Cuadro 10** y **Anexo 1** se recogen los análisis de metales pesados totales en tejidos de pez león, seleccionado como especie objetivo, referidos a materia seca (s.m.s.).

CUADRO 10. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN PECES (PEZ LEÓN)						
PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO				
		R3	R33	R12	R15	R18
Aluminio tot	mg/kg	220	96	90	85	95
Arsénico tot	mg/kg	2.30	2.10	1.40	1.20	0.90
Bario tot	mg/kg	1.40	1.30	1.15	1.90	2.35
Berilio tot	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cadmio tot	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cinc tot	mg/kg	30.40	35.10	30.20	22.10	15.10
Cobalto tot	mg/kg	0.25	0.34	0.50	0.15	0.18
Cobre tot	mg/kg	3.40	2.30	2.80	1.60	1.90
Cromo tot	mg/kg	0.10	0.05	0.20	0.15	0.22
Hierro tot	mg/kg	90.4	70.9	80.6	85.1	75.9
Manganeso tot	mg/kg	170.2	160.4	130.7	144.8	160.3
Mercurio tot	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Molibdeno tot	mg/kg	0.20	0.30	0.40	0.65	0.35
Níquel tot	mg/kg	0.05	0,05	0,02	0,02	0,01
Plomo tot	mg/kg	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01
Selenio tot	mg/kg	1.25	1.60	1.34	1.10	1.49
Vanadio tot	mg/kg	0.66	0.20	0.35	0.10	0.15

NOTA: referido a materia seca (s.m.s.).

Las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces han sido relativamente bajas en todos los sitios de muestreo.

Teniendo en cuenta la norma de referencia europea para contenido de metales pesados en productos alimentarios de carne de pescado (diferentes reglamentos CE 2006-2015), se cumple con el límite para plomo (0,30 mg/kg), cadmio (0.25 mg/kg) y mercurio (0.5-1.0 mg/kg). Para el resto de metales pesados no se cuenta con valores legales de referencia.



4.4. Hábitats de fondos duros

4.4.1. Introducción

En la costa del Caribe, en la parte central de Panamá, predominan las playas arenosas de poca pendiente y con fuerte oleaje, caracterizadas por poseer ecosistemas marinos sublitorales (arrecifes de corales) agrupados en pequeñas colonias asociados a rocas de origen basáltico.

Las formaciones coralinas asociadas a estos tipos de fondos se consideran arrecifes de tipo costeros, bordeante o someros, por encontrarse entre 1 o 5 metros. Sin embargo, también en algunas ocasiones estas formaciones se pueden encontrar entre los 25 y 35 m de profundidad, y están recubiertos por una capa delgada de organismos como plantas, esponjas y colonias aisladas de corales. Estos organismos, además de ser raros, son poco conocidos, y guardan una estrecha relación con otras especies que allí habitan, ya que son utilizados como recursos tróficos o refugio.

Los fondos duros rocosos juegan un rol importante en la ecología y la fauna típica asociada. La complejidad del sustrato que posean estos fondos, arenoso o rocoso, determinará el éxito de las especies que colonizan esta zona.

Los fondos duros profundos ubicados frente a Punta Rincón, poseen un sustrato rocoso variable entremezclado con arena. Las zonas profundas se caracterizan por poseer menor penetración de la luz y moderada a baja turbidez, lo que limita el crecimiento de ciertas especies y contribuye al desarrollo de otras como esponjas y colonias de corales. Por su parte, los fondos duros someros se caracterizan por presentar una alternancia de sustratos duros y parches de arena y una mayor penetración de la luz, aunque están expuestos de forma más intensa a la acción del oleaje y los aportes de agua dulce del continente.

Se presentan los resultados obtenidos en los muestreos de fondos duros, divididos en fondos profundos –que se corresponden con los sitios de muestreo R3 y R33- y los fondos someros –R12, R15 y R18-. Cabe indicar que, además de los reconocimientos visuales de los buceadores y su anotación en libretas (método de AGRA), se ha empleado en este trabajo de forma novedosa la identificación automática de imágenes de cada cuadrante mediante la técnica CPCe (Coral Point Count con extensiones de Excel). Igualmente, se contó con el asesoramiento de especialistas en la identificación complementaria de los diferentes grupos biológicos.

4.4.2. Fondos duros profundos

Los resultados de porcentaje de cobertura (%) para el área muestreada de los diferentes grupos biológicos identificados en cada transepto en los sitios R3 y R33 de fondos duros profundos, se resumen en el **Cuadro 11**.

En el **Cuadro 12** se incluyen los porcentajes de cobertura (%) para el área muestreada de las principales especies –por grupos biológicos- reconocidas en los trabajos en R3 y R33.



CUADRO 11. COBERTURA (%) DE LOS DIFERENTES GRUPOS BIOLÓGICOS EN FONDOS Duros PROFUNDOS

GRUPO BIOLÓGICO	R3	R33
Corales	15.9	15.4
Gorgóneas	1.6	6.8
Eponjas	12.9	14.1
Zoántidos	1.1	3.1
Macroalgas	0	0
Otras formas de vida	0.9	1.1
Coral con algas muertas	0	0
Algas coralinas	15.2	12.3
Corales enfermos	0	0
Fondo de arena y piedras	50.1	45.6
Desconocidos	2.3	2.7

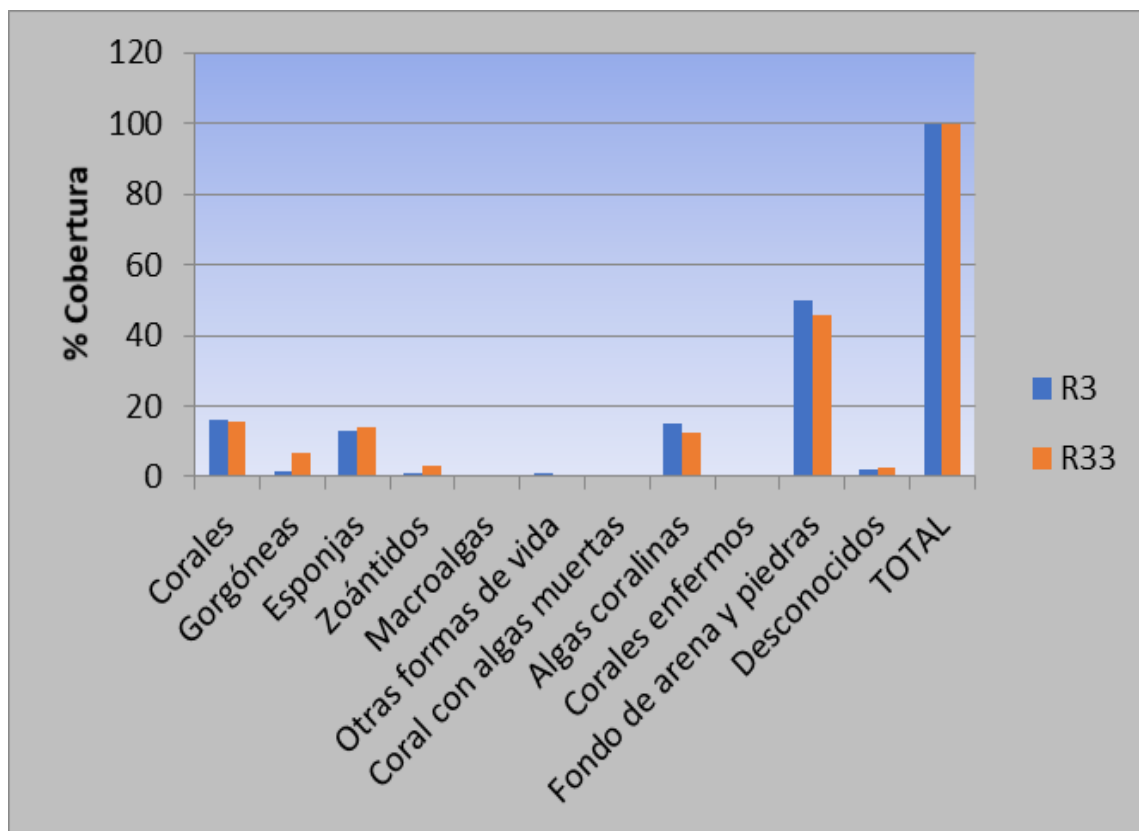


Figura 18. Comparativo entre los grupos biológicos de los sitios de muestreo de fondos duros profundos



CUADRO 12. COBERTURA (%) DE LAS PRINCIPALES ESPECIES EN FONDOS DUROS PROFUNDOS

GRUPOS BIOLÓGICOS	NOMBRE DE LA ESPECIE	R3	R33
Corales	<i>Agaricia agaricites</i>	4.1	4.8
	<i>Agaricia lamarcki</i>	1.2	1.1
	<i>Agaricia undata</i>	2.8	2.6
	<i>Agaricia fragilis</i>	0.6	0.2
	<i>Agaricia grahamae</i>	1.1	1.5
	<i>Diplora clivosa</i>	1.3	1.9
	<i>Isophyllia sinuosa</i>	1.2	2.1
	<i>Favia fragum</i>	0.6	0.6
	<i>Meandrina meandrites</i>	0.7	0.6
	<i>Mycetophyllia ferox</i>	0.8	0.2
	<i>Sidastrea sideresa</i>	1.4	1.3
Algas			
Clorofitas	<i>Halimeda tuna</i>	5.4	6.1
	<i>Lobophora variegata</i>	2.1	3.2
	<i>Penicillus pyriformis</i>	1.3	2.1
	<i>Ventricaria ventricosa</i>	0.7	1.4
	<i>Galaxaura sp</i>	0.8	1.3
Faeofitas	<i>Dictyota menstrualis</i>	0.4	1.1
Rodofitas	<i>Amphiroa fragilissima</i>	3.1	0.9
Poríferos (Esponjas)	<i>Aplysina cauliformis</i>	1.5	0.3
	<i>Aplysina fulva</i>	0.9	0.1
	<i>Clathrina primordialis</i>	1.1	0.4
	<i>Ircina campana</i>	0.7	0.7
	<i>Ircina strobilina</i>	1.2	0.6
	<i>Spirastrella coccinea</i>	0.4	0.8
	<i>Verongula gigantea</i>	0.2	1.1
	<i>Xestospongia subtriangularis</i>	3.1	3.5
Gorgóneas	<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	0.3	3.1
	<i>Pseudopterogorgia americana</i>	0.4	2.3
	<i>Muriceopsis flvida</i>	0.5	0.2
Ascidiea	<i>Ascideas sp</i>	1.3	3.2
Zooantidos	<i>Palytoa caribaeorum</i>	0.7	2.4
Poliquetos	<i>Spirobranchus giganteus</i>	0.4	0.7
Crustaceos	<i>Panulirus argus</i>	0.8	2.2
Equinodermos	<i>Nemaster grandis</i>	0.4	0.3
	<i>Echinometra lucunter</i>	0.3	0.5



Sitio de muestreo R3

Corales

En el transepto R3 se registraron colonias de corales formadoras de arrecifes de profundidad con un 15.9% de cobertura; entre las once especies registradas se puede mencionar como dominantes a las especies *Agaricia agaricites*, *Isophyllia sinuosa*, *Diplora clivosa*, *Agaricia undata* y *Sidastrea siderea*. Se trata de especies señaladas como pioneras en cuanto a la colonización de arrecifes de corales, por ser especies típicas de fases en reclutamiento.

Algas o Algas Coralinas

En este punto por ser sitio profundo, predominaron las algas coralinas con un 15.2% de cobertura. El grupo de algas dominantes, en cuanto a diversidad, son las algas verdes (Clorofitas). Las algas rojas (Rodofitas) *Amphiroa fragilissima* y *A. rigida*, entre mezcladas junto a estas se encuentran *Labbiophora variegata* y *Penicilluus pyriformis* especies con alto contenido de carbonato de calcio (algas coralinas incrustantes) y que juegan un papel fundamental en la consolidación y estabilización de los arrecifes de corales.

Esponjas

El grupo de las esponjas resultó ser el tercero más abundante con 9 especies registradas y un 12.9% de cobertura; entre las principales especies se encuentran: *Aplysina cauliformis*, *Clathrina primordialis*, *Ircina campana*, *Ircina strobilina*, *Spirastrella coccínea* y *Verongula gigantea*. La mayoría de estas especies aparecen formando colonias dispersas y de crecimiento moderado, lo que indica que la poca luz y la profundidad son los factores más limitantes para el crecimiento de este grupo de organismos.

Gorgóneas

Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales representaron un 6.8% de la cobertura en el sitio R3. En los dos transectos se registraron las especies *Muriceopsis flavida* *Pseudopterogorgia acerosa* y *Pseudopterogorgia americana*.

Desconocidos y otras formas de vida

Los grupos denominados como “desconocidos y otras formas de vida” representan el 1.1% de cobertura registrada, en las que se registran las Ascidias y los invertebrados marinos como *Spirobranchus giganteus*, *Nemaster grandis*, *Panilirus argus* y el Crinoideo (*Nemaster grandis*).

Zooantidos

Otro grupo importante son los zooantidos, enmarcados en los corales blandos, representados por *Palytoa caribeorum* con 0.68% de cobertura en este transepto,



Sitio de muestreo R33

Corales

Los resultados del análisis de imágenes en este sitio profundo R33 señala que el 15.4% está constituido por siete especies de corales; entre las especies más abundantes se puede mencionar *Agaricia agaricites*, *Agaricia undata*, *Diplora clivosa* y *Porites asteroides*.

Algas o Algas Coralinas

En este punto -por ser sitio profundo-, predominaron las algas coralinas con un 14.96% de cobertura. También en este sitio, el grupo de algas dominantes, en cuanto a diversidad, son las algas verdes como *Halimeda tuna*, *Lobophora variegata* y *Galaxaura sp*; y rojas (Rodofitas), dentro del cual se reportaron especies como *Amphiroa fragilissima* y *A. rigida*, juntas contribuyen a la formación calcárea del fondo rocoso de esta zona. Entremezclado con la roca, se encuentran áreas de arena, típica de las formaciones coralinas de algas de algunos fondos del Caribe.

Esponjas

El grupo de las esponjas resultó ser el tercero en abundancia con nueve especies registradas y un 12.3% de cobertura. Entre las especies más significativas se encuentran: *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Aplysina lacumosa*, *Ircina campana*, *Ircina strobilina*, *Spirastrella coccinea*, *Verongula gigantea* y *Xestospongia muta*. Las condiciones son muy similares al sitio R3, ya que la mayoría de estas especies se reportan formando colonias dispersas y de crecimiento moderado, lo que indica que la poca luz y la profundidad son los factores más limitantes para el crecimiento de este grupo de organismos.

Gorgóneas

Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales representaron un 6.29% de la cobertura. Las especies *Pseudopterogorgia amaericana* y *Pseudopterogorgia acerosa* y *Muceroposis flavida* fueron las más representativas.

Desconocidos y otras formas de vida

Los “desconocidos y otras formas de vida” representan el 6.88% de cobertura registrada, es decir, 3.89% cada uno se encuentran las Ascidiás y 2.99% para los invertebrados marinos como *Spirobranchus giganteus*, *Panilirus argus*, *Echinometra lucunter* y *Nemaster grandis*.

Zooantidos

Los zooantidos, al igual que en R3, están representados por *Palytoa caribaeorum* con 2.7% de cobertura.



4.4.3. Fondos duros someros

Los resultados de porcentaje de cobertura (%) para el área muestreada de los diferentes grupos biológicos identificados en cada transecto en los sitios R12, R15 y R18 de fondos duros someros se resumen en el **Cuadro 13**. Por su parte, en el **Cuadro 14** se incluyen los porcentajes de cobertura (%) para el área muestreada de las principales especies –por grupos biológicos- reconocidas en los trabajos.

CUADRO 13. COBERTURA (%) DE LOS DIFERENTES GRUPOS BIOLÓGICOS EN FONDOS DUROS SOMEROS			
GRUPO BIOLÓGICO	R12	R15	R18
Corales	10.3	9.1	6.5
Gorgóneas	3.1	3.3	2.8
Eponjas	12.2	12.4	10.1
Zoántidos	1.1	1.2	2.2
Macroalgas	0	0	0
Otras formas de vida	2.4	2.1	1.5
Coral con algas muertas	0	0	0
Algas coralinas	3.1	2.4	3.2
Corales enfermos	0	0	0
Fondo de arena y piedras	66.7	62.3	68.1
Desconocidos	1.1	7.2	5.6

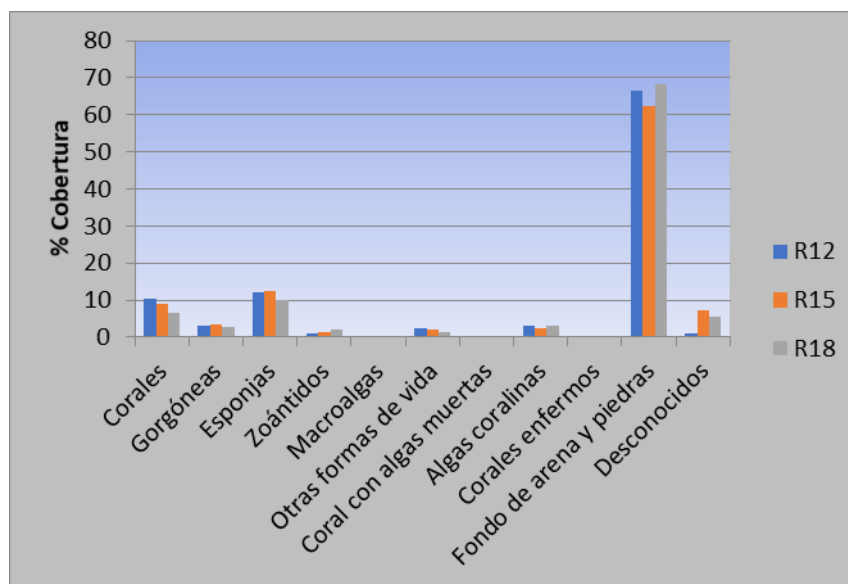


Figura 19. Comparativo entre los grupos biológicos de los sitios de muestreo de fondos duros someros.



CUADRO 14. COBERTURA (%) DE LAS PRINCIPALES ESPECIES EN FONDOS DUROS SOMEROS

TAXAS	ESPECIES	R12	R15	R18
Corales	<i>Agaricia agaricites</i>	4.6	3.4	2.3
	<i>Agaricia undata</i>	1.6	2.4	1.3
	<i>Agaricia fragilis</i>	0.6	0	0.4
	<i>Agaricia grahamae</i>	1.1	0	0.2
	<i>Diplora clivosa</i>	0.2	0.2	0.8
	<i>Porites asteroides</i>	4.1	5.5	1.3
	<i>Siderastrea siderea</i>	2.8	0.2	2.1
Algas				
Clorofitas	<i>Halimeda tuna</i>	1.7	0	0.9
Faeofitas	<i>Dictyota menstrualis</i>	2.4	1.4	1.2
	<i>Padina pavonica</i>	0.5	2.2	1.1
Rodofitas	<i>Amphiroa fragilissima</i>	0	2.4	1.7
Poríferos (Esponjas)	<i>Aplysina cauliformis</i>	1.5	1.1	2.3
	<i>Aplysina fulva</i>	0.5	1.5	1.4
	<i>Callyspongia vaginalis</i>	2.6	2.3	2
	<i>Clathrina primordialis</i>	4.6	1.5	2.1
	<i>Ircinia campana</i>	8.2	1.2	0.9
	<i>Verongula gigantea</i>	2.4	1.3	1.6
	<i>Xestospongia muta</i>	0	0	2.4
Gorgóneas	<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	0	2.1	0
	<i>Pseudopterogorgia americana</i>	0	1.8	0
	<i>Muriceopsis flavida</i>	0.1	1.8	1.2
Zooantido	<i>Palytoea caribaeorum</i>	1.5	1.2	3.2
Otros	<i>Ascidias</i> sp	2.6	1.4	0.4
Poliquetos	<i>Spirobranchus giganteus</i>	1.4	0.9	0.7
Crustáceos	<i>Panulirus argus</i>	2.2	1.8	2.3
Equinodermos	<i>Echinometra lucunter</i>	0.5	0.8	1.4

Este tipo de fondo costero o bordeante se caracteriza por presentar restos de promontorios rocosos o arrecifes fósiles, alternados con playas arenosas y rocas de origen basáltico. En estos transectos predominó este tipo de fondo, para el sitio R12 con 66.7%; el sitio R15 con 62.3% y para R18 con 68.1%. Entre los aspectos más limitantes se encuentra el oleaje -que puede llegar a ser muy fuerte en algunas épocas del año- y la sedimentación proveniente de los ríos y quebradas que desembocan en esta zona, que son distribuidos a lo largo de la costa por las corrientes y las olas.

Corales

Los arrecifes de esta área muy cercanos a la costa son colonias que deben adaptarse al embate de las corrientes, oleaje y a la sedimentación. Se registró un total de siete especies, formadas principalmente por especies pioneras como *Siderastrea siderea*, *Agaricia undata*, *Agaricia agaricites* y *Porites asteroides*, este último el más representativo de este tipo de fondo. De esta forma, R12 con un 10.3% de cobertura, R15 con un 9.1% y R18 con 6.1% de cobertura de en todo el transecto.



Algas y Algas Coralinas

En las costas del Caribe no es común encontrar algas y algas coralinas asociadas a tipos de fondos arenosos; así los porcentajes registrados para este grupo biológico fueron en R12 con 3.1%, R15 con 2.4% y R18 con 3.2%, ligeramente inferior a otros monitoreos. Sin embargo, se visualizó cerca de los transeptos algas como *Halimeda tuna*, *Amphiroa fragilissima*, *Chondrophycus papillosus*, *Dictyota menstrualis*, *Padina pavonica* y *Galaxaura obtusata*.

Esponjas

Los poríferos son los organismos más conspicuo y abundante y en gran parte los primeros colonizadores de fondos rocosos; pueden alcanzar un número, tamaño y forma de acuerdo a las condiciones de oleaje, corrientes, turbidez y sedimentación.

Para este grupo, en el transecto R12 la cobertura fue de 12.2%, en el transecto R15 de 12.4% y en el transecto R18 de 10.1%. Entre las formas más comunes podemos señalar *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Callyspongia vaginalis*, *Clathrina primordialis*, *Ircina campan* y *Xestospongia muta* y el éxito de estas esponjas no están limitada por el oleaje ni la sedimentación.

Gorgóneas

Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales representaron una cobertura para el sitio R12, con 3.1%, para R15 con 3.3% y para R18 con 2.8%. Las especies *Pseudopterogorgia amaericana* y *Pseudopterogorgia acerosa* fueron las más representativas.

Zoantidos

Las zoantidos o falsos corales blandos como también se les conoce, representaron en el sitio R12, con 1.1% para R15 con 1.2% y para R18 con 2.2%. Las especies más representativas es *Palytoa caribaerum*.

Desconocidos y otras formas de vida

Entre los “desconocidos y otras formas de vida” se encuentran las Ascidiás y los invertebrados marinos como *Spirobranchus giganteus*, *Panilirus argus* y *Echinometra lucunter* que representan para R12 con 2.4%, para R15 con 2.1% y para R18 con 1.5%.

4.4.4. Zonas próximas a la terminal de carga

Los resultados de porcentaje de cobertura (%) para el área muestreada de los diferentes grupos biológicos identificados en cada transecto en los sitios próximos a la terminal de carga del puerto -T1 y T2-, se resumen en el **Cuadro 15**.

CUADRO 15. COBERTURA (%) DE LOS DIFERENTES GRUPOS BIOLÓGICOS EN LAS ZONAS PRÓXIMAS A LA TERMINAL DE CARGA		
GRUPO BIOLÓGICO	T1	T2
Corales	0	0
Gorgóneas	0	0
Eponjas	0	0
Zoántidos	0	0
Macroalgas	0	0
Otras formas de vida	0	0
Coral con algas muertas	0	0
Algas coralinas	0	0
Corales enfermos	0	0
Fondo de arena y piedras	99,1	100
Desconocidos	0,9	0

En estos dos sitios de monitoreo predominan claramente los fondos blandos, formados mayoritariamente (99,1 y 100%) de arena fina a media. No se han observado la presencia de formas de vida en el sedimento, como corales, gorgóneas, esponjas o zoántidos.

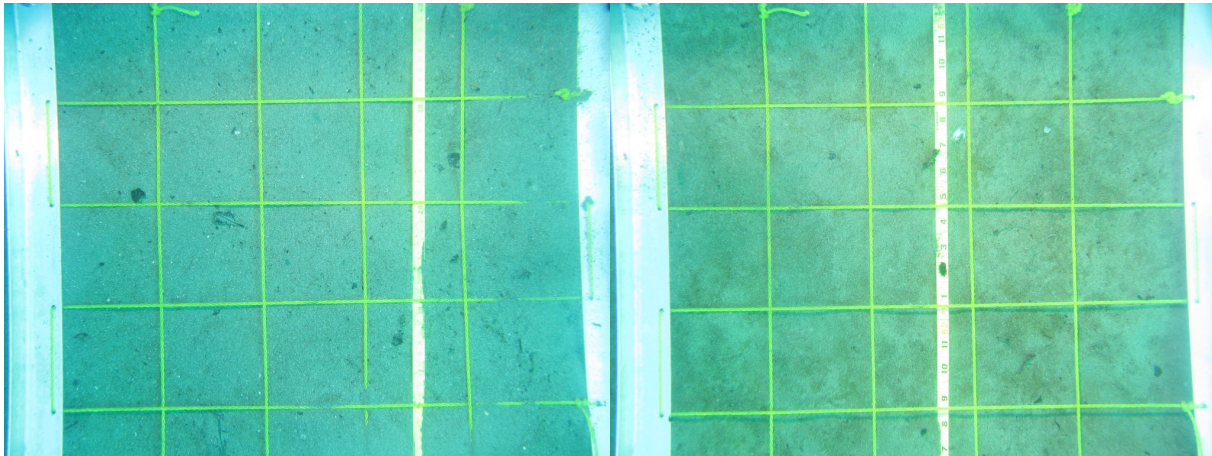


Imagen del fondo en T1

Imagen del fondo en T2

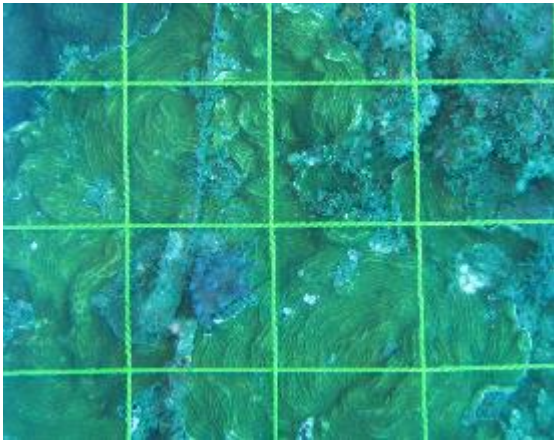


4.4.5. Comparación entre comunidades de fondos duros

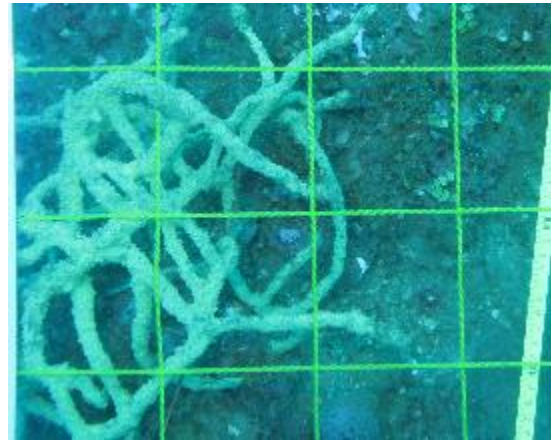
Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para cada tipo de hábitats, se pueden realizar las siguientes comparaciones entre las comunidades de fondos duros profundos y someros:

- Los porcentajes de cobertura de los transeptos de este segundo monitoreo 2018, son semejantes a los registrados en el monitoreo realizado en el primer semestre del año 2018 y sin cambios destacables con respecto al monitoreo 2017.
- Las comunidades de fondos duros en los dos sitios profundos (R3 y R33) son muy similares, predominando el grupo de las esponjas y seguido de los corales adaptados a las condiciones oceanográficas de este tipo de hábitats. En principio, el sitio R3 ha contado con mayor número de especies (especialmente corales), pero sin ser una diferencia significativa. Entre los corales predominan las especies *Agaricia agaricites*, *Agaricia grahamae*, *Agaricia undata*, *Agaricia fragalis*, *Meandrina meandrites* y *Mycetophyllia ferox* y entre las esponjas a *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Aplysina lacumosa*, *Callyspongia vaginalis*, *Ircina campana*, *Ircina strobilina*, *Spirastrella coccinea*, *Verongula gigantea* y *Xestospongia muta*.
- Los fondos duros someros (R12, R15 y R18) presentan comunidades muy parecidas entre sí y diferentes de los fondos duros profundos. Entre los corales destacan *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea* y principalmente *Porites astreoides*. Entre las esponjas las principales especies identificadas han sido *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Callyspongia vaginalis*, *Clathrina primordialis*, *Ircina campana* y *Xestospongia muta*.
- Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales de los sitios de muestreo en fondos duros profundos y someros fueron muy parecidas, destacando las especies *Pseudopterogorgia amaerica* y *Pseudopterogorgia acerosa* fueron las más representativas.
- Tanto en los fondos duros someros, como profundos se han registrado con menor cobertura algas y algas coralinas. En los fondos profundos destacan -en cuanto a dominancia y diversidad de especies- las algas rojas (Rodofitas), como *Amphiroa fragilissima* y *A. rigida*, junto a éstas se encuentran *Dictyota menstrualis* y *Halimeda tuna*, que contribuyen a la formación calcárea del fondo rocoso de esta zona. En los fondos someros destacan las algas *Halimeda tuna*, *Amphiroa fragilissima*, *Chondrophycus papillosus*, *Dictyota menstrualis*, *Padina pavonica* y *Galaxaura obtusata*.
- El grupo de las otras formas de vida y los desconocidos conformados por especies de invertebrados marinos, se pueden mencionar las especies como Ascidiar, langosta *Panillurus argus*, poliquetos como *Spirobranchus giganteus*, *Echinometra lucunter*, y el Crinoideo *Nemaster grandis*.
- Los sitios T1 y T2 presentan un sustrato dominado mayoritariamente (>99%) por las arenas finas a medias, en las que no se han registrado especies típicas de fondos duros, con la ausencia de corales y otras formaciones biológicas de interés.

PRINCIPALES ESPECIES DE LOS FONDOS DUROS



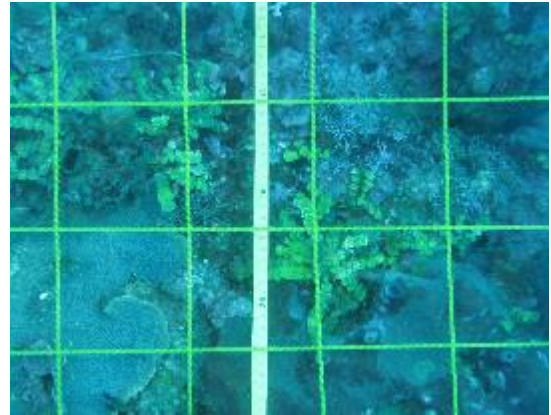
Coral *Agaricia agaricites*



Esponja *Aplysinia fulva*



Esponja *Callyspongia vaginalis*



Alga *Halimeda tuna*



Esponja *Aplysinia sp*



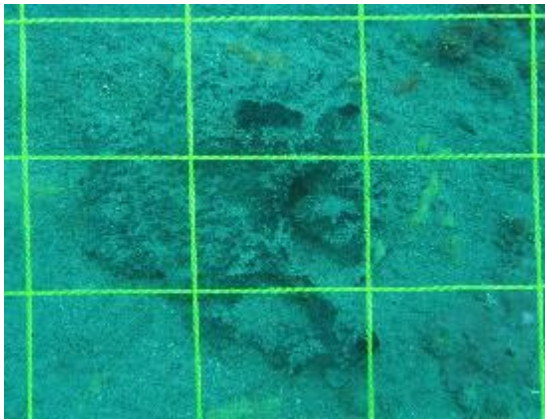
Crinoideo *Nemaster grandis*



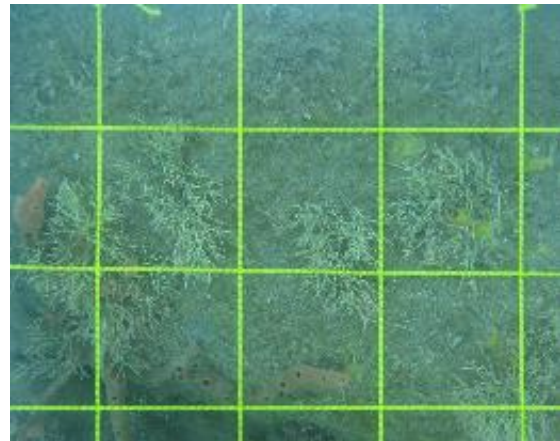
Coral *Millopora complanata*



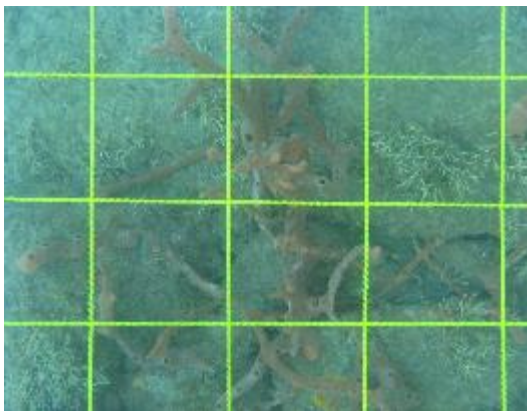
Coral *Diplora sp*



Esponja *Ircinia sp*



Algas *Galaxaura sp*



Esponja *Aplysinia sp*



Pepino de mar *Holothuria mexicana*



4.5. Hábitats de fondos blandos

4.5.1. Introducción

La fauna bentónica de fondos blandos es la comunidad de organismos que vive en estrecha relación con el fondo de los ecosistemas acuáticos en donde predominan materiales con una alta composición granulométrica en arenas a limos. Comprende una gran diversidad de grupos taxonómicos, destacando los poliquetos, moluscos, crustáceos y equinodermos, cuyas capacidades de natación o ambulación son reducidas o ausentes y su periodo de vida les permite mostrar respuestas a las variaciones ambientales, haciéndolos útiles para evaluar posibles impactos que podrían generar las actividades antropogénicas.

Es por ello, que la fauna bentónica de fondos blandos es evaluada con profundo interés y así comprender la reacción y efecto de la biota marina ante los probables indicios de contaminación o alteración ambiental (Gray, 1981; Levinton 1982).

Con este fin, se procedió al muestreo de los fondos blandos de los seis sitios de muestreo, con la recolección de muestras para el estudio de la composición y abundancia de las especies del bentos marino, así como el estudio de su estructura teniendo en cuenta los principales índices de diversidad, para valorar el posible impacto de las operaciones de la mina y el puerto de Punta Rincón sobre estas comunidades.

4.5.2. Composición y abundancia

Los resultados globales de la composición y abundancia (ind/m²) de las especies y grupos del bentos marino, tanto para las estaciones profundas (R3 y R33 en conjunto), como someras (T1, T2, R12, R15, R18 y Caimito Este) se resumen en el **Cuadro 16**.

CUADRO 16. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA (ind/m ²) DE LOS TAXONES DEL BENTOS								
TAXAS	ESTACIONES							TOTAL
	R-15	T-2	R-12	R-18	Caimito Este	R-33-3	T-1	
<i>Onuphidae sp.</i>	0	13	0	0	0	0	0	13
<i>Cerithium sp.</i>	221	0	169	312	0	0	0	702
<i>Cerithidea sp.</i>	416	0	91	651	13	0	0	1171
<i>Anachis sp.</i>	169	0	156	39	0	0	39	403
<i>Nassarius sp.</i>	39	0	39	0	0	39	0	117
<i>Bulla sp.</i>	52	0	13	39	0	0	0	104
<i>Tricolia sp.</i>	143	0	13	0	0	0	26	182
<i>Natica sp.</i>	39	208	130	78	13	0	143	611


CUADRO 16. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA (ind/m²) DE LOS TAXONES DEL BENTOS

TAXAS	ESTACIONES							TOTAL
	R-15	T-2	R-12	R-18	Caimito Este	R-33-3	T-1	
<i>Tellina sp.</i>	13	13		104	0	0	13	143
<i>Olivella sp.</i>	13	13	156	13	0	0	91	286
<i>Rissoina sp.</i>	13	0	13	26	0	0	0	52
<i>Neritina sp.</i>	13	0	0	0	0	0	0	13
<i>Littoria sp.</i>	13	0	0	0	0	0	0	13
<i>Fissurella sp.</i>	26	0	0	39	0	0	0	65
<i>Retusa sp.</i>	13	0	0	0	0	0	52	65
<i>Prunum sp.</i>	13	39	91	91	0	91	117	442
<i>Retinella sp.</i>	0	156	13	26	13	65	52	338
<i>Diplodonta sp.</i>	0	13	78	104	0	0	0	195
<i>Balcis sp.</i>	0	26	26	0	0	26	0	78
<i>Terebra sp.</i>	0	13	13	78	0	26	13	143
<i>Serpulorbis sp.</i>	0	13	0	13	0	0	0	26
<i>Turbonilla sp.</i>	0	0	13	0	0	0	0	13
<i>Erato maugeriae</i>	0	0	13	0	0	0	0	13
<i>Haminoea sp.</i>	0	0	26	0	0	0	0	26
<i>Mitra sp.</i>	0	0	13	0	0	0	0	13
<i>Alys sp.</i>	0	0	0	26	0	0	0	26
<i>Cerithiopsis sp.</i>	0	0	0	0	0	52	0	52
<i>Rhizorus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	39	39
<i>Epitonium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	26	26
Larva de zoea	0	0	0	0	0	0	13	13
Anfípodos	0	143	0	0	0	0	13	156
TOTAL	1209	650	1066	1639	39	299	637	5539



CUADRO 17. NÚMERO DENSIDAD (N IND/M ²) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) DE LOS GRUPOS TAXONÓMICOS EN LAS COMUNIDAD BENTÓNICA		
GRUPOS	N° IND/M ²	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Anélidos	13	0,23
Moluscos	5357	96,71
Crustáceos	169	3,05
Total	5539	100

La distribución espacial del número de especies (ver **Figura 20**) de los principales grupos permitió evidenciar la dominancia de los moluscos en las localidades R-18 y R-15 (15 y 16 especies), seguido de los crustáceos en las localidades T-1 y T-2 (1 especie). Por su parte, se destaca que los poliquetos fueron los de menor dominancia y solo se encontró una especie en la estación T-2.

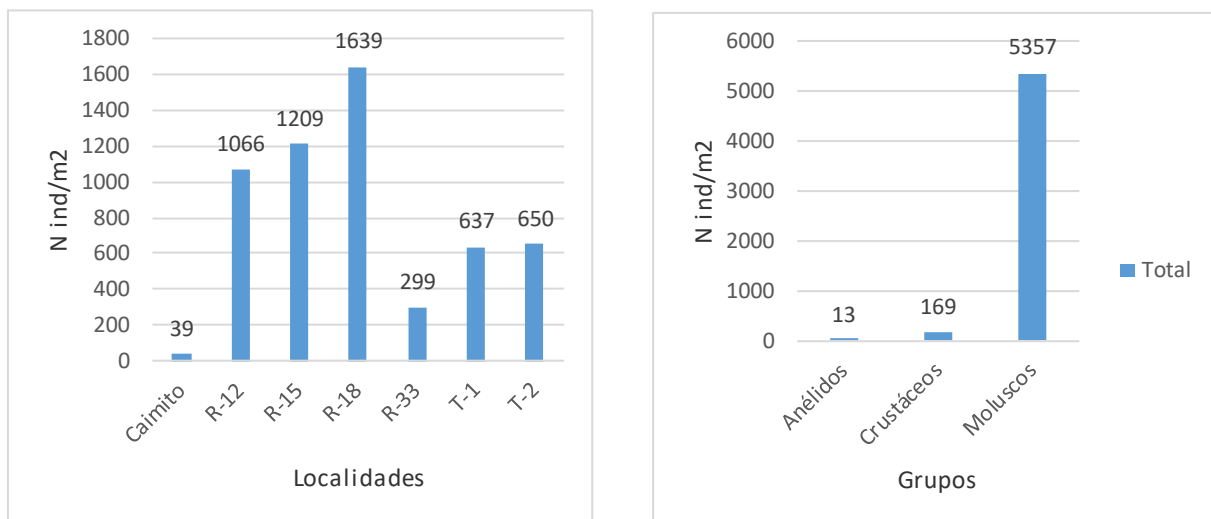


Figura 20. Distribución espacial por sitios de monitoreo y porcentual por grupos de las principales taxas de la fauna bentónica.

Del análisis de la abundancia acumulativa por localidades monitoreadas se puede señalar que hay tres grupos principales: con un mayor número se registraron las localidades R-18 con 1639 ind/m², R-15 con 1209 ind/m² y R-12 con 1066 ind/m². Las de menor abundancia fueron la R-33 con 299 ind/m² y Caimito con 39 ind/m².

Los moluscos, por ser el grupo más importante y presentar una amplia distribución espacial en el área estudiada, fueron identificados a nivel de género y analizados con mayor detalle. Dentro del grupo de los moluscos, se cuantificó un total de 5357 ind/m² pertenecientes a 26 familias.

CUADRO 18. DENSIDAD PROMEDIO (N° IND/M²) DE LA FAUNA BENTÓNICA

LOCALIDAD	N° IND/M ²	PORCENTAJE
R-15	1209	21,8
T-2	650	11,7
R-12	1066	19,2
R-18	1639	29,5
Caimito	39	0,70
R-33	299	5,39
T-1	637	11,5
Total	5539	100

4.5.3. Estructura de la comunidad. Diversidad

Se muestran en el **Cuadro 19** los resultados de los parámetros estructurales del bentos marino.

CUADRO 19. INDICES ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD DEL BENTOS MARINO

INDICES	R15	T2	R12	R18	CAIMITO	R33-3	T1
Taxa_S	15	11	18	15	3	6	13
Individuals	1196	650	1066	1639	39	299	637
Dominance_D	0.1947	0.216	0.1065	0.2122	0.3333	0.2023	0.1304
Simpson_1-D	0.8053	0.784	0.8935	0.7878	0.6667	0.7977	0.8696
Shannon_H	1.997	1.807	2.455	2.024	1.099	1.688	2.255
Evenness_e^H/S	0.491	0.554	0.6468	0.5044	1	0.9018	0.7331
Brillouin	1.966	1.769	2.413	1.999	0.9994	1.644	2.206
Menhinick	0.4337	0.4315	0.5513	0.3705	0.4804	0.347	0.5151
Margalef	1.976	1.544	2.438	1.891	0.5459	0.8771	1.859
Equitability_J	0.7373	0.7537	0.8493	0.7473	1	0.9423	0.879
Fisher_alpha	2.417	1.881	3.077	2.28	0.7574	1.063	2.312
Berger-Parker	0.3478	0.32	0.1585	0.3972	0.3333	0.3043	0.2245
Chao-1	15	11	18	15	3	6	13

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener fueron de 2.4 bits/individuo (R12) para las localidades profundas, lo que indica una diversidad homogénea entre ambas localidades. Para las localidades someras, la diversidad estuvo entre 1.0 bits/individuo a 2.4 bits/individuo lo que indica que también hubo una homogeneidad entre las localidades.

PRINCIPALES TAXONES DEL BENTOS MARINO DE FONDOS BLANDOS



NASSARIUS VIBEX



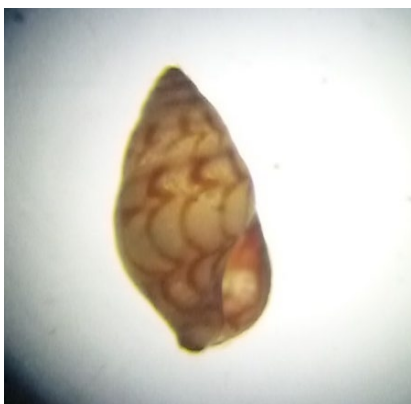
NERITA VIRGINEA



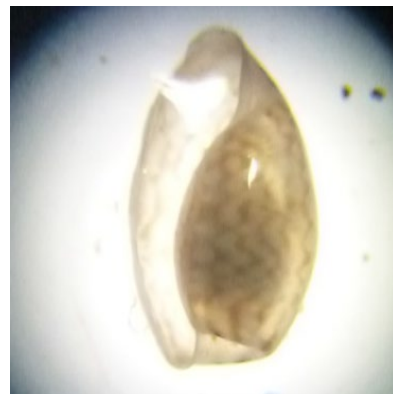
MUREX ANTILLARUM



CERITHIUM ATRATUM



OLIVELLA NIVEA



CYLICHNA VERRILLI



NEREIDAE (*NEREIS SP.*)



GONIADIDAE (*GONIADA SP.*)



CAPITELLIDAE (*CAPITELLA CAPITATA*)



PHYLLODOCIDAE



OFIURO *OPHIOTRIX*



SIPUNCULIDOS



4.6. Estudio de la comunidad de peces

4.6.1. Introducción

El presente monitoreo marino incluye la actualización de la ictiofauna presente en los fondos duros y arenosos en aguas someras y profundas cercanos a Punta Rincón.

La evaluación continua del estado de la comunidad ictiológica en dichos fondos es de suma importancia, ya que el mismo puede reflejar el estado del ambiente circundante; permitiendo detectar cualquier variación en la composición ictiológica en éste área de estudio asociado a posibles efectos debidos a la operación del puerto y la mina.

El hábitat superficial de fondo duro (al este y oeste) de Punta Rincón inicia en aguas intermareales. Los hábitats de fondo duro al oeste presentan un área de grandes cantos rodados meteorizados que parecen haberse originado del promontorio de Punta Rincón. Las grandes rocas redondeadas y cantos rodados se extienden desde el borde de la playa hasta una profundidad aproximada de 8 m siguiendo un patrón triangular. Este hábitat de fondo duro al este es un área de afloramientos de lecho rocoso combinados con cantos rodados meteorizados. Esta característica se encuentra en aguas superficiales (5 a 8 m) al este de las instalaciones propuestas para el puerto y cubre un área limitada. Entremezclado con esta formación, aparecen manchas de arenales costeros, muy característicos de la costa del Caribe panameño. Estas formaciones representan un hábitat muy importante para las comunidades de peces e invertebrados presentes en estas áreas.

El estudio de las comunidades de peces, tanto en los hábitats de fondos profundos, como de fondos someros más próximos a la costa, se ha centrado en los siguientes objetivos:

- Descripción de la composición cuantitativa y cualitativa y abundancia de las especies de peces
- Descripción estructural de las comunidades. Diversidad biológica
- Estudio específico del pez león en el área

4.6.2. Composición y abundancia de especies

FONDOS PROFUNDOS

Los fondos profundos (duros y blandos) se ubican aproximadamente a 1 km de la costa frente al área de construcción del puerto, entre 80-96 pies de profundidad y están conformados por fondos duros que se levantan sobre un fondo arenoso que los rodea, hasta unos 15-20 pies. Estas lajas se encuentran tapizadas principalmente por esponjas y algunas especies de algas macroscópicas marinas. La visibilidad de sus aguas durante los buceos fue de 30 a 40 pies.

En el **Cuadro 19** se recoge la composición y abundancia de las especies de peces registradas en los dos sitios de muestreo (R3 y R33) representativos de fondos profundos.

CUADRO 20. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA (IND/M²) DE PECES EN FONDOS PROFUNDOS

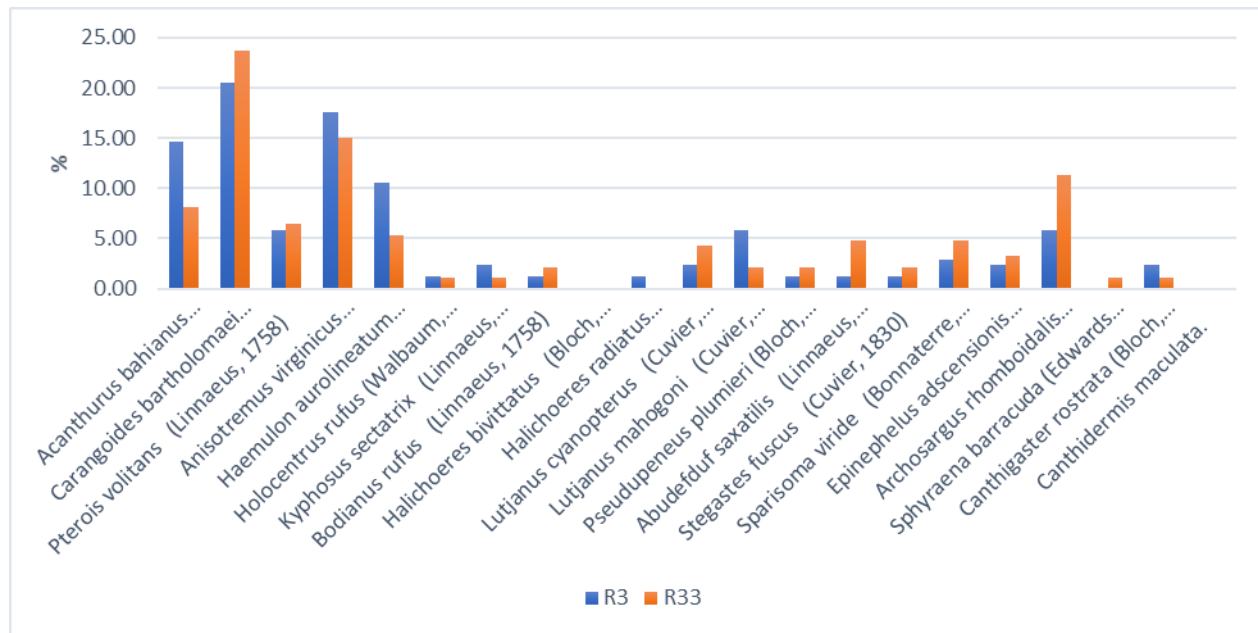

CUADRO 20. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA (IND/M²) DE PECES EN FONDOS PROFUNDOS

FAMILIAS (NOMBRE COMÚN)	ESPECIES	SITIOS DE MUESTREO	
		R3	R33
<i>Acanthuridae</i> (cirujanos)	<i>Acanthurus bahianus</i> (Castelnau, 1855)	25	15
<i>Carangidae</i> (jureles)	<i>Carangoides bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	35	44
<i>Scorponidae</i> (peces escorpión)	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	10	12
<i>Haemulidae</i> (roncador)	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	30	28
	<i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier, 1830)	18	10
<i>Holocentridae</i> (ardillas)	<i>Holocentrus rufus</i> (Walbaum, 1792)	2	2
<i>Kyphosidae</i> (chopas)	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	4	2
<i>Labridae</i> (labridos)	<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	2	4
	<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)	0	0
	<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
<i>Lutjanidae</i> (Pargos)	<i>Lutjanus cyanopterus</i> (Cuvier, 1828)	4	8
	<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)	10	4
<i>Mullidae</i> (salmonete)	<i>Pseudupeneus plumieri</i> (Bloch, 1786)	2	4
<i>Pomacentridae</i> (dama)	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	2	9
	<i>Stegastes fuscus</i> (Cuvier, 1830)	2	4
<i>Scaridae</i> (loros)	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)	5	9
<i>Serranidae</i> (mero)	<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	4	6
<i>Sparidae</i> (cabezón)	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	10	21
<i>Sphyrnaeidae</i> (Barracuda)	<i>Sphyrna barracuda</i> (Edwards in Catesby, 1771)	0	2
<i>Tetraodontidae</i> (tamboril)	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	4	2
<i>Balistidae</i> (Puerco)	<i>Canthidermis maculata</i>	0	0
TOTAL		171	186

NOTA: se ha mantenido el mismo listado de especies de otros monitoreos, con el fin de comparar los resultados.

Para los fondos duros profundos evaluados se censó un total de 357 individuos entre R3 y R33, pertenecientes a 19 especies de peces, incluidas en 19 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes).

Las especies más abundantes son *Acanthurus bahianus* (8-14%), *Carangoides bartholomaei* (20-23%) y *Anisotremus virginicus* (15-17%, que representan más del 50% de la población. Por su parte, *Canthigaster rostrate* sigue apareciendo con una baja densidad y porcentualmente por debajo del 2.3% del total de la población.



FONDOS SOMEROS

Son áreas con una profundidad de 20 a 30 pies aproximadamente y están conformados por arena y piedras de tamaño medio a rocas grandes, tapizadas por diversas formas bentónicas de macroalgas, esponjas, etc.

Este lecho marino está influenciado directamente por el oleaje (debido a su poca profundidad); que se refleja sobre la arena. Adicional a esto, se observa la presencia de vegetación continental sumergida, muy característico en áreas aledañas a los ríos en el Caribe de Panamá (Garrity & Levings, 1993).

Esta condición puede ser originada por la descarga del río Caimito, ubicado al Este, debido al patrón dominante de corrientes marinas en el área, logrando exportar, parte de su vegetación, hacia estos fondos. Se observa la presencia de grandes rocas depositadas en el fondo producto de la construcción del rompeolas.

En el **Cuadro 21** se incluye la composición y abundancia de las especies de peces registradas en los sitios de muestreo (T1, T2, R12, R15 y R18) representativos de fondos someros.


CUADRO 21. COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA (IND/M²) DE PECES EN FONDOS SOMEROS

FAMILIAS (N. Común)	Especies	R12	R15	R18	T1	T2
Acanthuridae (cirujanos)	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855	60	76	81	9	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch & Schneider, 1801	12	9	2	2	0
Carangidae (jureles)	<i>Carangoides bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	55	46	48	2	2
	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	34	38	12	0	0
Scorpionidae (peces escorpión)	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	10	16	4	0	6
Gerreidae (mojarra)	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	2	9	10	0	0
	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	6	12	16	0	0
Haemulidae (roncador)	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	49	28	36	2	4
	<i>Haemulon carbonarium</i> Poey, 1860	10	21	20	0	0
	<i>Haemulon flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)	25	14	9	0	0
	<i>Haemulon sciurus</i> (Shaw, 1803)	10	5	7	0	0
Holocentridae (ardillas)	<i>Holocentrus rufus</i> (Walbaum, 1792)	2	2	4	0	0
Kyphosidae (chopas)	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	220	56	69	0	0
Labridae (labridos)	<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	10	4	0	2	0
	<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)	2	10	9	0	0
	<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	2	0	0
Lutjanidae (pargos)	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	10	25	23	0	0
	<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)	10	5	4	8	2
	<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)	4	33	9	0	0
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	10	23	4	0	0
Pomacanthidae (angeles)	<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)	10	4	9	0	0
	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	20	15	30	2	2
Pomacentridae (dama)	<i>Chromis insolata</i> (Cuvier, 1830)	0	0	4	0	0
	<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)	10	0	4	0	0
	<i>Stegastes diencaeus</i> (Jordan & Rutter, 1897)	0	0	4	0	0
	<i>Stegastes partitus</i> (Poey, 1868)	0	0	6	0	0
	<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)	10	2	2	0	0
Scaridae (loros)	<i>Scarus guacamaia</i> (Cuvier, 1829)	10	10	6	0	0
	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)	0	10	8	0	0
Serranidae (mero)	<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	0	0	6	0	0
Sparidae (cabezón)	<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)	8	0	23	0	0
Sphyrnidae (Barracuda)	<i>Sphyrna barracuda</i> (Edwards in Catesby, 1771)	0	0	0	0	0
Tetraodontidae (tamboril)	<i>Diodon hystrix</i> (Linnaeus, 1758)	4	4	10	0	0
	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	2	0	4	0	0

En los fondos duros someros, se registraron un total de 1,630 individuos; pertenecientes a 32 especies, distribuidas en 25 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes).

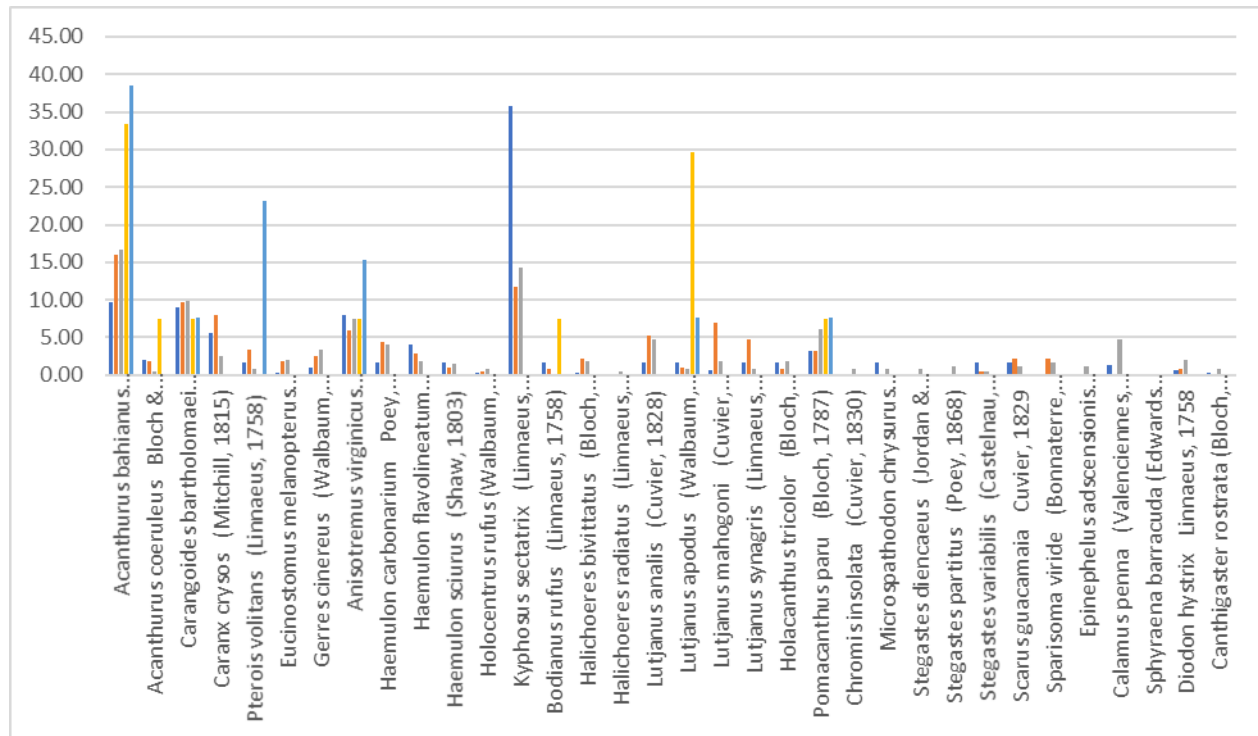


Figura 21. Distribución porcentual de las principales familias de peces en fondos someros.

Las especies más abundantes observadas fueron *Kyphosus sectatrix* (11-35%), *Carangoides bartholomaei* (7-8%), *Acanthurus bahianus* (9-33%) y *Anisotremus virginicus* (5-7%).

También en las estaciones someras, *Canthigaster rostrate* sigue apareciendo con una baja densidad y porcentualmente por debajo del 1% del total de la población.

Cabe señalar, que la comunidad de peces registrada en los fondos someros está asociada con la disponibilidad de alimento y refugio. Cuenta con hábitats adecuados, en los que aparecen una buena diversidad de refugios (cornisas y pequeñas cuevas en las grandes rocas, fisuras en las plataformas rocosas, fondos de arena y algas, etc), por lo que alberga una comunidad rica y diversa de especies características de esta área del caribe.



4.6.3. Análisis estructural de las comunidades. Índice de diversidad

Para medir la diversidad de las especies de peces en los sitios muestreados, se utilizó el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver. Este índice expresa la abundancia relativa con que cada especie contribuye en la comunidad. El **Cuadro 21** muestra los valores obtenidos para los peces asociados a los fondos duros profundos (R33 y R3) y someros (R12, R15, R18, t1 y T2).

CUADRO 22. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LAS COMUNIADDES. INDICES DE DIVERSIDAD							
INDICES	R3	R33	R12	R15	R18	T1	T2
Taxa_S	18	18	27	25	32	7	6
Individuals	171	186	615	477	485	27	26
Dominance_D	0.1193	0.1148	0.1613	0.07616	0.07892	0.2263	0.2426
Simpson_1-D	0.8807	0.8852	0.8387	0.9238	0.9211	0.7737	0.7574
Shannon_H	2.413	2.474	2.469	2.834	2.928	1.691	1.586
Evenness_e^H/S	0.6204	0.6593	0.4375	0.6807	0.5838	0.7747	0.8138
Brillouin	2.243	2.31	2.383	2.728	2.802	1.396	1.32
Menhinick	1.376	1.32	1.089	1.145	1.453	1.347	1.177
Margalef	3.306	3.253	4.049	3.891	5.013	1.82	1.535
Equitability_J	0.8349	0.8559	0.7492	0.8805	0.8447	0.8688	0.885

La disminución de la riqueza (nº especies e individuos), así como de la cantidad de individuos e incremento del tamaño de las especies observadas, coinciden con lo observado en diversas latitudes del Caribe, en las cuales la mayor cantidad y diversidad de individuos de menor tamaño, se encuentran en las áreas costeras poco profundas, por ser estas zonas de crecimiento y desarrollo de dichas especies.

Por su parte, hacia las aguas más profundas, aparecen especies de mayor tamaño, pero con menor diversidad y número de individuos, pues en estas áreas se registran principalmente especies adultas. Tanto el número como la variabilidad de especies observadas en las aguas profundas fueron más bajas que las observadas en los fondos duros someros. A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que lo registrado en este monitoreo representa el estado actual y normal de las poblaciones de peces de los fondos duros profundos; ya que en dichos lugares no se ha desarrollado una sobrepesca que pudiera afectarlos, como lo que ha ocurrido en otras áreas del Caribe de Panamá (Jácome, 2001).

Teniendo en cuenta estos resultados, los peces registraron una diversidad y composición similar en todos los sitios de estudio. Por lo que podemos inferir, que las condiciones actuales de los fondos profundos y someros son favorables para la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. No se han observado efectos debido a las actividades de operación/construcción de la Mina o del puerto de Punta Rincón.



4.6.4. Pez león

En la tabla adjunta se resumen, para los años 2016, 2017 y 2018 (para los dos semestres) las observaciones de pez león (*Pterois volitans*) en ind/m² para los transeptos evaluados en el fondo somero (R12, R15 y R18) y fondo profundo (R3 y R33) en donde se realiza su seguimiento.

AÑO	R3	R33	% Total	R12	R15	R18	% Total
2018-2S	10	12	5-6	10	16	4	0.8-3.3
2018-1S	18	16	3.2	15	25	4	5.3
2017	12	18	3.0	12	6	4	0.83
2016	18	8	7.6	40	25	18	9.3

La abundancia relativa de esta especie en el presente monitoreo fue de 0.8-3.3% para el fondo somero y de 5-6% para el fondo profundo. Se observa, con respecto a años anteriores, que la especie se mantiene en los porcentajes, con pequeñas variaciones. A partir de los datos ya disponibles, se puede adelantar que la especie ha llegado a un tamaño poblacional más o menos definido, aunque pueden variar los efectivos entre estaciones debido a factores externos (alimento, depredación, etc).

Esta especie está posicionada en las partes altas de los transeptos monitoreados, observándose principalmente peces juveniles y adultos. Como especie invasiva, puede ocasionar graves problemas ecológicos en la estructura ictiológica de los arrecifes en los fondos duros de piedra y arrecifes de coral (Christopher & Olden, 2011) en el área del Caribe de Panamá. Es una especie invasora y dañina para el ecosistema, que llegó a las aguas del Caribe de Panamá a través de las corrientes (Vásquez-Yeomans et al. 2011), producto de la invasión de este organismo, la cual se originó en Florida, Estados Unidos (Whitfield et al. 2002; Hare & Whitfield, 2003, Schofield, 2010). Debido a su impacto, se recomienda desarrollar un plan para el control de las poblaciones de esta especie en las áreas cercanas al proyecto de Minera Panamá.



Presencia del pez león (Pterois volitans) en los fondos duros y someros.

PRINCIPALES ESPECIES DE PECES



Lutjanus analis



Acanthurus coeruleus



Pomacanthus paru



Abudefduf saxatilis



5. RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL ROMPEOLAS

El objetivo de este estudio específico es realizar la caracterización de las comunidades biológicas de fondos duros y peces, así como la toma de muestras de agua en el rompe olas que se ha construido para el puerto de Punta Rincón.

El monitoreo y seguimiento de la evolución temporal en los procesos de colonización de las comunidades biológicas de las rocas depositadas para el rompeolas, permitirá evaluar la utilidad de estos espacios como hábitats artificiales. De ser así, estos nuevos hábitats contribuirán a una mayor riqueza y abundancia de especies bentónicas y pelágicas en la zona de afección del puerto.

5.1. Calidad de aguas

Para el estudio de calidad de aguas, se tomaron muestras de agua en dos sitios de monitoreo, uno en la parte interna del rompe olas (R04) o puerto de abrigo y otra en la parte externa del mismo (R02).

En el **Anexo 2** se incluyen los Informes de Ensayo de los análisis de laboratorio acreditado en la Norma UNE-EN-ISO 17025 de todos los análisis realizados en agua marina del rompeolas y que son los mismos a los completados para el estudio marino-costero. En el **Cuadro 23** se resumen los resultados y el grado de cumplimiento de la norma legal empleada.

CUADRO 23. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA DEL ROMPEOLAS			
PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompe olas)	R02 (exterior rompe olas)
TSS	mg/L	31,600.00	30,450.0
TSD	mg/L	120	146
DBO	mg/L	<3	<3
COD	mg/L	1.0	1.1
Nitrato NO ₃	mg/L	0.22	0.20
Nitrito NO ₂	mg/L	0.010	0.010
Amonio NH ₄	mg/L	<0.01	<0.01
N total	mg/L	0.4	0.3
Fosfatos PO ₄	mg/L	<0.4	<0.4
Sulfatos SO ₄	mg/L	3430.00	3250.00
Cloruros Cl	mg/L	11,250.0	11,350.0
Magnesio	mg/L	1200	1150
Calcio	mg/L	312	290
Potasio	mg/L	560	540
Sodio	mg/L	9600	9300



CUADRO 23. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA DEL ROMPEOLAS

PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompe olas)	R02 (exterior rompe olas)
Fluoruro	mg/L	1.10	1.30
Aceites y G	mg/L	<5	<5
Aluminio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Antimonio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Antimonio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Arsénico dis	mg/L	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/L	<0.001	<0.001
Bario dis	mg/L	<0.001	<0.001
Bario tot	mg/L	<0.001	<0.001
Berilio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Berilio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Boro dis	mg/L	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cadmio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cinc dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cobalto dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cobre dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cromo dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/L	<0.001	<0.001
Hierro dis	mg/L	<0.001	<0.001
Hierro tot	mg/L	<0.001	<0.001
Manganeso dis	mg/L	<0.001	<0.001
Manganeso tot	mg/L	<0.001	<0.001
Mercurio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Molibdeno dis	mg/L	<0.001	<0.001
Molibdeno tot	mg/L	<0.001	<0.001



CUADRO 23. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUA MARINA DEL ROMPEOLAS

PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompe olas)	R02 (exterior rompe olas)
Níquel dis	mg/L	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/L	<0.001	<0.001
Plata dis	mg/L	<0.001	<0.001
Plata tot	mg/L	<0.001	<0.001
Plomo dis	mg/L	<0.001	<0.001
Plomo tot	mg/L	<0.001	<0.001
Selenio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Vanadio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cianuro	mg/L	<0.10	<0.10

En relación a los resultados de calidad de aguas obtenidos, se destacan los siguientes puntos:

- Los puntos de muestreo R04 y R02 presentan concentraciones en los parámetros analizados muy similares. Son propios de aguas marinas del litoral caibeño, en donde no se aprecian efectos de la posible contaminación asociado con la operación del puerto.
- En ningún caso, las concentraciones de los parámetros analizados indican contaminación de origen antrópico.



5.2. Estudio de fondos duros

Los resultados de cobertura (%) de las diferentes formaciones biológicas que colonizan el rompeolas se recoge en el **Cuadro 24**.

CUADRO 24. COBERTURA (%) DE LOS GRUPOS BIOLÓGICOS EN EL ROMPEOLAS

GRUPOS BIOLÓGICOS	RO1	RO2	RO3	RO7	RO4	RO5	RO6
Corales	1.20	1.10	6.15	4.30	0.20	1.10	0.55
Gorgóneas	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Esponjas	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Zoántidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Macroalgas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras formas de vida	0.10	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Coral con algas muertas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Algas coralinas	0.00	0.00	1.92	3.90	0.00	0.00	0.00
Corales enfermos	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
Piedras	97.3	97.6	84.38	90.6	99.80	98.90	99.45
Desconocidos	1.40	1.30	4.15	1.20	0.00	0.00	0.00

Corales

El sitio de muestreo RO3 presenta la mayor cobertura de corales con 6.15%, seguido del RO7 con un 4.30% y el RO2 con un 1.10%, los tres pertenecientes a los sitios externos y más expuestos a mar abierto. En los sitios internos -RO4, RO5 y RO6- se han registrado colonias de coral, aunque con formaciones muy iniciales en primeras fases de colonización y de pequeño tamaño.

Los corales formados aparecen solo en la parte más externa del rompeolas, y están representados por colonias que deben adaptarse al embate de las corrientes, oleaje y a la sedimentación. Están mayoritariamente representados por especies pioneras, como *Agaricia agaricites* y el hidrocoral llamado coral fuego *Millepora complanata*, este último el más representativo de este tipo de fondo rocosos.

Algas

No se registraron algas o formas coralinas presentes en este tipo de estructuras en ninguno de los transeptos.

Esponjas

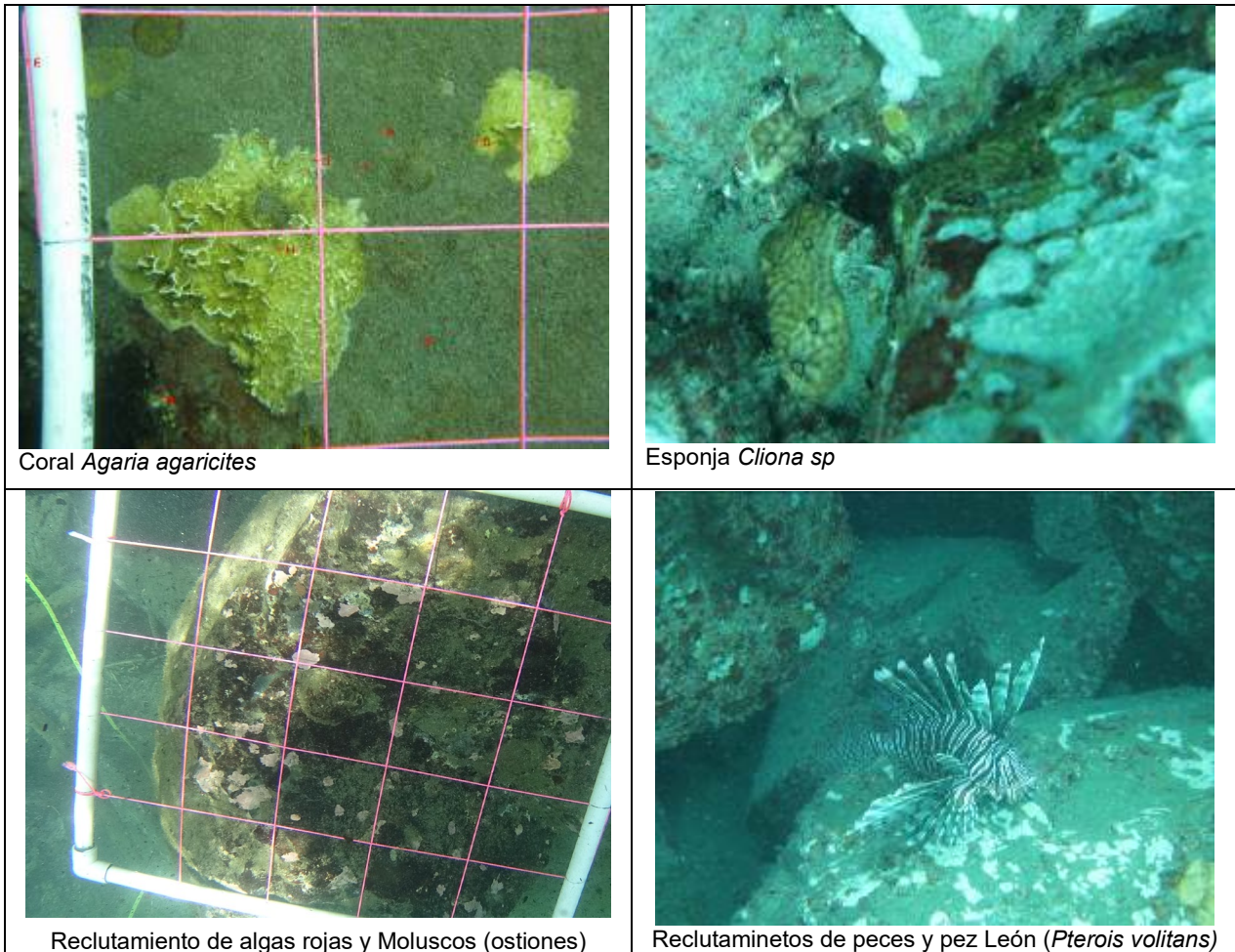
Las esponjas tampoco fueron las más prosperas en cuanto a crecimiento y colonización de esta estructura; solo el transecto RO3 presento una cobertura de 1.20% de la especie *Cliona sp.*, el resto no presentó cobertura alguna.



Desconocidos y otras formas de vida

Entre los “desconocidos y otras formas de vida” se encuentran las Ascidias y los invertebrados marinos como cangrejos, moluscos incrustantes en las rocas como ostiones crustáceos, *Balaunus* sp con muy bajas proporciones. En los sitios de muestreo situados en el interior del rompe olas no se registraron presencia de estos grupos.

ESPECIES CARACTERÍSTICAS DEL ROMPE OLAS





5.3. Estudio de la comunidad de peces

Para el estudio de las comunidades de peces (composición, abundancia y diversidad de especies de peces) en el rompeolas, se siguieron dos transeptos o secciones principales, uno en la zona externa entre los sitios (RO1, RO2, RO3 y RO7) y otro en la parte interna entre los sitios (RO4, RO5 y RO6). Los resultados obtenidos de composición y densidad (ind/m²) de peces en estos transeptos se resumen en el **Cuadro 25**.

CUADRO 25. COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE ESPECIES EN EL ROMPEOLAS

FAMILIAS (NOMBRE COMÚN)	ESPECIES	ROMPEOLAS SECCIÓN EXTERNA	ROMPEOLAS SECCIÓN INTERNA
Acanthuridae (cirujanos)	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855	120	60
	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	20	35
Carangidae (jureles)	<i>Carangoides bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	40	22
Scorpionidae (peces escorpión)	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	5	7
Haemulidae (roncador)	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	40	33
Kyphosidae (chopas)	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	0	2
Labridae (labridos)	<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	6	0
	<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
	<i>Halichoeres chierchiae</i>	2	0
	<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)	4	0
Lutjanidae (pargos)	<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)	6	10
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	10	12
Pomacanthidae (angeles)	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	0	4
Pomacentridae (dama)	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	35	12
	<i>Chromis cyanea</i> (Poey, 1860)	10	2
	<i>Stegastes diencaeus</i> (Jordan & Rutter, 1897)	23	6
	<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)	12	0
	<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)	10	0
Scaridae (loros)	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)	8	0
Sparidae (cabezón)	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	10	4
Tetraodontidae (tamboril)	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	2	0
Dasyatidae	<i>Hypanus americanus</i> (Hildebrand & Schroeder, 1928)	2	0
TOTAL		367	209



De esta forma, para el rompeolas se censó un total de 576 individuos, pertenecientes a 20 especies de peces, incluidos en 18 géneros y 13 familias. De estas especies, 20 fueron observadas asociadas al transepto externo del rompeolas y 13 especies asociadas en la parte interna del mismo. De todos los peces observados únicamente se registra un pez cartilaginoso (*Chondrichthyes*), el resto fueron óseos (*Osteichthyes*).

En la **Figura 22** se representa la distribución porcentual de las especies, tanto en la parte externa, como interna del rompe olas.

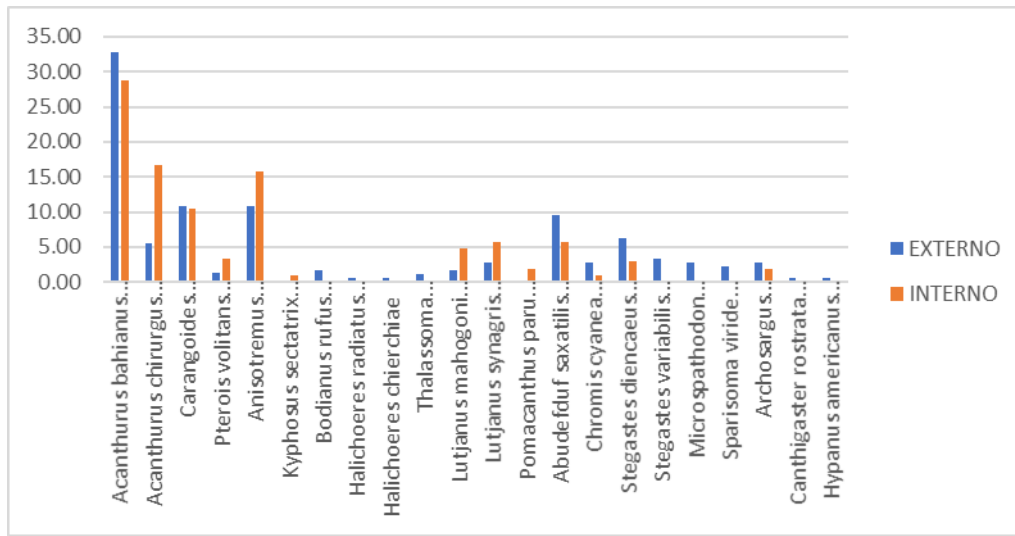


Figura 22. Distribución porcentual de las principales especies de peces en los transeptos externos e internos del rompeolas.

Las especies más abundantes observadas para el transepto fueron *Acanthurus bahianus* (32% exterior y 28% interior), *Abudefduf saxatilis* (9-5%), *Anisotremus virginicus* (10-15%), *Carangoides bartholomei* (10.9-10.5%). El resto de las especies representaron menos del 2%.

Canthigaster rostrate sigue apareciendo con una baja densidad y porcentualmente por debajo del 1% del total de la población.

Para medir la diversidad de las especies de peces en los sitios muestreados, se utilizó principalmente el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver, así como otros índices que dan una idea de la estructura de la comunidad. El índice Shannon-Weaver expresa la abundancia relativa con que cada especie contribuye en la comunidad. En el **Cuadro 26** se resumen estos índices.



CUADRO 26. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES. INDICES DE DIVERSIDAD

ESTACIONES	TRANSEPTO	Diversidad Shannon (H')	Dominancia (D)	Simpson (1-D)	Margalef	Equitabilidad (J)
Externas	RO1, RO2, RO3 y RO7	2.3	0.15	0.84	3.2	0.78
Internas	RO4, RO5 y RO6	2.1	0.15	0.84	2.2	0.82

Se aprecia diferencia entre los índices de la parte externa de la interna, con una comunidad mejor estructurada y más diversa en los transeptos expuestos a mar abierto. No obstante, la comunidad de peces en el interior del rompeolas se puede considerar de gran valor ambiental, con especies y densidades propias de aguas litorales del Caribe.

Para el pez león, se observa su presencia tanto en la parte externa, como interna del rompeolas, aunque con una mayor tendencia a aparecer en el exterior y en las zonas más expuestas a mar abierto. Se han registrado desviaciones con respecto al año 2016, en la que no se registró ningún ejemplar en la parte interna del rompeolas.

Los peces registrados muestran una diversidad y composición similar en todos los sitios de estudio, por lo que se puede inferir que las condiciones actuales de los fondos profundos, someros y el rompeolas favorecen el establecimiento de la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde desempeñan un rol ecológico fundamental en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas.

Adicional a esto, de las especies observadas, se puede indicar que coinciden con lo observado en diversas latitudes del Caribe, donde la mayor cantidad y diversidad de individuos de menor tamaño, se encuentran en las áreas costeras poco profundas, por ser estas zonas de crecimiento y desarrollo de dichas especies.

Se destaca el aporte significativo -desde el punto de vista ecológico- que representa el rompeolas, al permitir el establecimiento y hábitat agregador de las diferentes especies de peces que utilizan este sitio como zonas de refugio, alimentación y reproducción como parte de su ciclo de vida.



6. ANÁLISIS DE INDICADORES AMBIENTALES

Se ha procedido en el presente capítulo al análisis de los indicadores ambientales que se vienen empleando de forma rutinaria en el EEA, como una herramienta para el seguimiento de las condiciones de calidad de los ecosistemas marino-costeros a partir de la integración de diferentes índices de calidad.

Los indicadores empleados se recogen en el **Cuadro 27**.

CUADRO 27. INDICADORES AMBIENTALES SELECCIONADOS PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS				
SUBCOMPONENTE DEL PROGRAMA	INDICADOR	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FRECUENCIA DE INFORMES	PERIODO DE TOMA DE DATOS
Flora y Fauna	Densidad y riqueza de especies del bentos marino.	Anual	Anual	Octubre
	Índice de diversidad del bentos marino	Anual	Anual	Octubre
	Densidad y riqueza de especies de peces	Anual	Anual	Octubre
Criterios Físico y Químicos	pH, temperatura, conductividad específica, Oxígeno disuelto, turbiedad, temperatura, metales disueltos, nutrientes en agua y metales en sedimentos.	Anual	Anual	Octubre
	Índice mg de elemento / Kg de tejido en peces, donde el elemento de interés son los metales pesados.	Anual	Anual	Octubre



Dado que los resultados obtenidos para cada elemento y variable estudiada están ampliamente desarrollados en los distintos apartados del estudio, con el fin de resumir e interpretar estos resultados de la forma más sencilla posible, se ha utilizado una simbología que indica la tendencia de cada indicador en el tiempo en comparación con las condiciones de referencia y línea de base del año 2015, monitoreos 2016 y 2017 y los dos monitoreos semestrales del presente año 2018².

La simbología y significado empleado para valorar la tendencia de cada grupo de indicadores ambientales se recoge en el **Cuadro 28**.

CUADRO 28. SÍMBOLOS EMPLEADOS PARA INDICAR LA TENDENCIA DE LOS INDICADORES	
SIMBOLOGÍA	INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA
↑	El valor del indicador tiende a subir, las condiciones mejoran
→	Se mantiene el valor del indicador, las condiciones no varían
↓	El valor del indicador tiende a bajar, las condiciones empeoran

La comparación en la tendencia de los indicadores para los diferentes años de monitoreo se resume en el **Cuadro 29**.

Teniendo en cuenta el análisis realizado, se puede señalar que la tendencia de los cinco indicadores comparados entre la línea base de los años 2015, 2016, 2017, primer semestre de 2018 y el presente segundo semestre 2018 indican variaciones poco significativas entre los mismos.

Las pequeñas variaciones registradas entre los dos monitoreos están más relacionadas con el sesgo asociado a este tipo de muestreo (errores aleatorios y sistemáticos relacionados con las técnicas de muestreo, época de estudio y condiciones ambientales y oceanográficas) que con los posibles efectos derivados de las obras de construcción del puerto y de la mina.

En conclusión, las condiciones generales analizadas han variado de forma muy poco significativa, no apreciándose por el momento una tendencia hacia peores condiciones en la salud de los ecosistemas acuáticos (abióticos y bióticos) asociados con las actividades de construcción de la mina y el puerto.

² La comparación entre los valores brutos obtenidos de cada indicador puede dar lugar a errores debidos a las variaciones en las metodologías empleadas y cambios en las condiciones de los muestreos.



CUADRO 29. EVOLUCIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES EN EL PERÍODO 2015-2018 (1)

INDICADORES	AÑO DE MONITOREO	R3	R33	R12	R15	R18	CE	T1	T2
INDICADOR 1 (Densidad y riqueza del bentos marino)	2015	→	→	→	→	→	→		
	2016	→	→	→	→	→	→		
	2017	→	→	→	→	→	→		
	2018-1 ^{er} Semestre	→	→	→	→	→	→	→	→
	2018-2° Semestre	→	→	→	→	→	→	→	→
INDICADOR 2 (Indices del bentos)	2015	→	→	→	→	→	→		
	2016	→	→	→	→	→	→		
	2017	→	→	→	→	→	→		
	2018-1 ^{er} Semestre	→	→	→	→	→	→	→	→
	2018-2° Semestre	→	→	→	→	→	→	→	→
INDICADOR 3 (Densidad y riqueza de peces)	2015	→	→	→	→	→	(1)		
	2016	→	→	→	→	→	(1)		
	2017	→	→	→	→	→	(1)		
	2018-1 ^{er} Semestre	→	→	→	→	→	(1)	→	→
	2018-2° Semestre	→	→	→	→	→	(1)	→	→

NOTAS: (1). En este sitio de muestreo no se realizan estudios de peces.



7. ESTADO ECOLÓGICO

7.1. Justificación

El concepto de estado ecológico difiere sensiblemente del concepto de calidad del agua que se ha venido utilizando tradicionalmente, ya que mientras la calidad del agua expresa la mayor o menor potencialidad o aptitud del agua para dedicarla a un uso determinado (bebida, baño, riego, etc.), el estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas asociados a las aguas marinas.

Para evaluar el estado ecológico de un agua marina se emplean dos tipos de elementos (físico-químicos y biológicos) que en su conjunto describen cómo se comporta el ecosistema acuático frente a posibles impactos y si se han producido cambios en su estructura o funcionamiento como consecuencia de los mismos. A su vez, cada uno de estos elementos viene representado por uno o varios índices de calidad.

A diferencia de los análisis basados en cambios estructurales de las comunidades biológicas (número de especies, diversidad, etc) o de la concentración de determinados compuestos químicos, para evaluar posibles alteraciones en la calidad del agua, los índices de calidad se basan en el empleo de organismos o características del medio en el que habitan y, especialmente, en su sensibilidad a determinados efectos ambientales visibles macroscópicamente o microscópicamente. Proporcionan una información semi-cuantitativa sobre la contaminación de los ecosistemas acuático y permiten evaluar directamente el impacto ambiental de las actividades humanas.

7.2. Metodología

7.2.1. Valoración del estado de calidad biológico

Para evaluar la calidad biológica del medio marino, se ha seleccionado el grupo del bentos marino y, para este grupo, se ha utilizado el programa AMBI que calcula el BC o Índice Biótico Marino de Azti. Este índice, desarrollado en el año 2000 por el Centro Tecnológico AZTI-Tecnalia, y que ya ha tenido varias actualizaciones, está basado en paradigmas ecológicos que permiten establecer la calidad ecológica de las costas y estuarios a través de la asignación de las especies de los fondos marinos a uno de los cinco grupos ecológicos.

Incorpora un análisis multi-variante (M-AMBI) para el cálculo del estado ecológico en el medio marino para el índice IB. Estas herramientas exploran la respuesta de las comunidades del bentos a los cambios naturales y humanos en la calidad del agua, integrando condiciones medioambientales a largo plazo. Además de calcular el BC e IB, este programa representa gráficamente los datos y exporta los resultados. AMBI incluye más de 6.500 taxa representativos de las comunidades más importantes presentes en los estuarios y sistemas costeros de Europa, desde el Mar del Norte al Mediterráneo, e incluso de Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica y sudeste asiático.



Esta clasificación se basa en la sensibilidad del bentos marino a un gradiente creciente de estrés, dividiendo a los organismos en cinco grupos:

- Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico y que se encuentran presentes en condiciones de ausencia de contaminación. Incluyen especies carnívoras especialistas y algunos Poliquetos tubícolas detritívoros (estado ecológico inicial).
- Grupo II: Especies a las que no les afecta en gran medida el enriquecimiento orgánico, siempre están presentes en bajas densidades sin variaciones significativas en el tiempo (desde el estado inicial a levemente desequilibrado).
- Grupo III: Especies tolerantes al exceso de materia orgánica. Estas especies pueden aparecer en condiciones normales, pero sus poblaciones aumentan con el enriquecimiento orgánico (circunstancias ambientales levemente desequilibradas). En estos ambientes abundan las especies detritívoras y Poliquetos de la familia Spionidae.
- Grupo IV: Especies oportunistas de segundo orden que aparecen en ambientes con episodios de contaminación importantes. Principalmente son Poliquetos de pequeño tamaño y depositívoros subsuperficiales como los Cirratúlidos.
- Grupo V: En áreas con pronunciados desequilibrios, contaminación elevada, suelen encontrarse especies oportunistas de segundo orden. Organismos detritívoros, que proliferan en sedimentos reducidos.

La distribución de los individuos clasificados, de acuerdo a su tolerancia al grado de contaminación (grupos ecológicos), permite calcular el índice BI con ocho niveles, de 0 a 7. Para establecer los límites de estos ocho niveles, se utiliza un coeficiente biótico BC basado en los porcentajes de cada uno de los cinco grupos ecológicos definidos anteriormente, aplicando la siguiente fórmula:

$$BC = \frac{\{(0 \cdot \% GI) + (1.5 \cdot \% GII) + (3 \cdot \% GIII) + (4.5 \cdot \% GIV) + (6 \cdot \% GV)\}}{100}$$

Este coeficiente calcula un resultado continuo con valores comprendidos entre 0 y 6. Los intervalos establecidos según BORJA et al. (2000) para delimitar el valor continuo que resulta del cálculo del coeficiente biótico (BC) que constituye el índice AMBI se resumen en el **Cuadro 30** adjunto.



CUADRO 30. SIGNIFICADO DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA BC Y BI (Borja et al, 2000)

GRADO DE CONTAMINACIÓN	COEFICIENTE BIÓTICO (BC)	ÍNDICE BIÓTICO (BI)	GRUPO ECOLÓGICO DOMINANTE	ESTADO DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA
No contaminado	$0,0 < BC \leq 0,02$	0	I	Normal
No contaminado	$0,2 < BC \leq 1,2$	1		Empobrecida
Ligeramente contaminado	$1,2 < BC \leq 3,3$	2	III	Desequilibrada
Medianamente contaminado	$3,3 < BC \leq 4,5$	3		Estado de transición hacia contaminada
Medianamente contaminado	$4,5 < BC \leq 5,0$	4	IV-V	Contaminada
Fuertemente contaminado	$5,0 < BC \leq 5,5$	5		Estado de transición hacia muy contaminada
Fuertemente contaminado	$5,5 < BC \leq 6,0$	6	V	Muy contaminada
Extremadamente contaminado	Azoico	7	Azoico	Azoico

7.2.2. Valoración del estado de calidad físico-químico del agua y sedimento

Para valorar el estado de calidad de los parámetros físico-químicos en aguas y sedimento marinos se han comparado los resultados obtenidos en los diferentes parámetros de calidad de aguas con los límites legales que establece la normativa vigente en Panamá (Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008):

Cumple con los límites legales: ESTADO BUENO
No Cumple con los límites legales: ESTADO MALO

Con objeto de estudiar el grado de contaminación de los sedimentos (metales pesados) se ha empleado el protocolo del Consejo Canadiense de los Ministerios del Ambiente (CCME). Así, se ha valorado el estado de calidad por comparación con los valores de referencia anteriores, al no existir en Panamá límites para metales pesados en sedimentos en aguas marinas.

Cumple con los valores de referencia canadiense: ESTADO BUENO
No Cumple con los valores de referencia canadiense: ESTADO MALO

El estado de calidad MUY BUENO se alcanzaría solamente si los valores obtenidos para esas variables se encuentran por debajo de las concentraciones consideradas como fondo para aguas y sedimentos de zonas marinas similares.



7.2.3. Valoración del estado ecológico marino-costero

Una vez calculados los estados de calidad a partir de los elementos biológicos (bentos) y físico-químicos (agua y sedimento), para valorar y diagnosticar el estado ecológico final de los sitios de muestreo con todos los elementos en conjunto, se ha seguido el esquema de toma de decisiones basado en la metodología original propuesta por la Comisión Europea en el documento guía sobre clasificación del estado ecológico (European Commission, 2003).

De acuerdo con esta metodología, las aguas marino-costeras se clasifican en cinco clases en función de los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores biológicos y físico-químicos: muy bueno, bueno, moderado-aceptable, deficiente y malo.

Para la clasificación del estado ecológico se parte, en principio, de los indicadores biológicos, apoyándose después tanto en las condiciones físico-químicas del agua y sedimentos (ver esquema **Figura 23**). En este caso, no se aplican los indicadores hidromorfológicos.

Para las condiciones físico-químicas del agua y sedimentos, se ha empleado como criterio el grado de cumplimiento de las normas de calidad que se han considerado³. Es decir, si se cumple el valor de referencia para el contaminante específico, la calidad es BUENA y garantizan la función del ecosistema, en caso contrario la calidad es MALA y no garantiza la funcionalidad del ecosistema.

En el apartado biológico, se completó el estado ecológico (EE) final con datos de bentos marino al ser los más representativos e integradores de los posible efectos de la mina y el puerto. Sin embargo, cuando el estado ecológico se estima (mediante indicadores biológicos) como bueno o muy bueno, las condiciones físico-químicas entran en juego, pudiendo bajar la clasificación del estado ecológico a los niveles inferiores de bueno o moderado.

³ Agua: Norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo para la categoría "sin contacto directo". Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008. Sedimentos: Protocolo del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (CCME)".

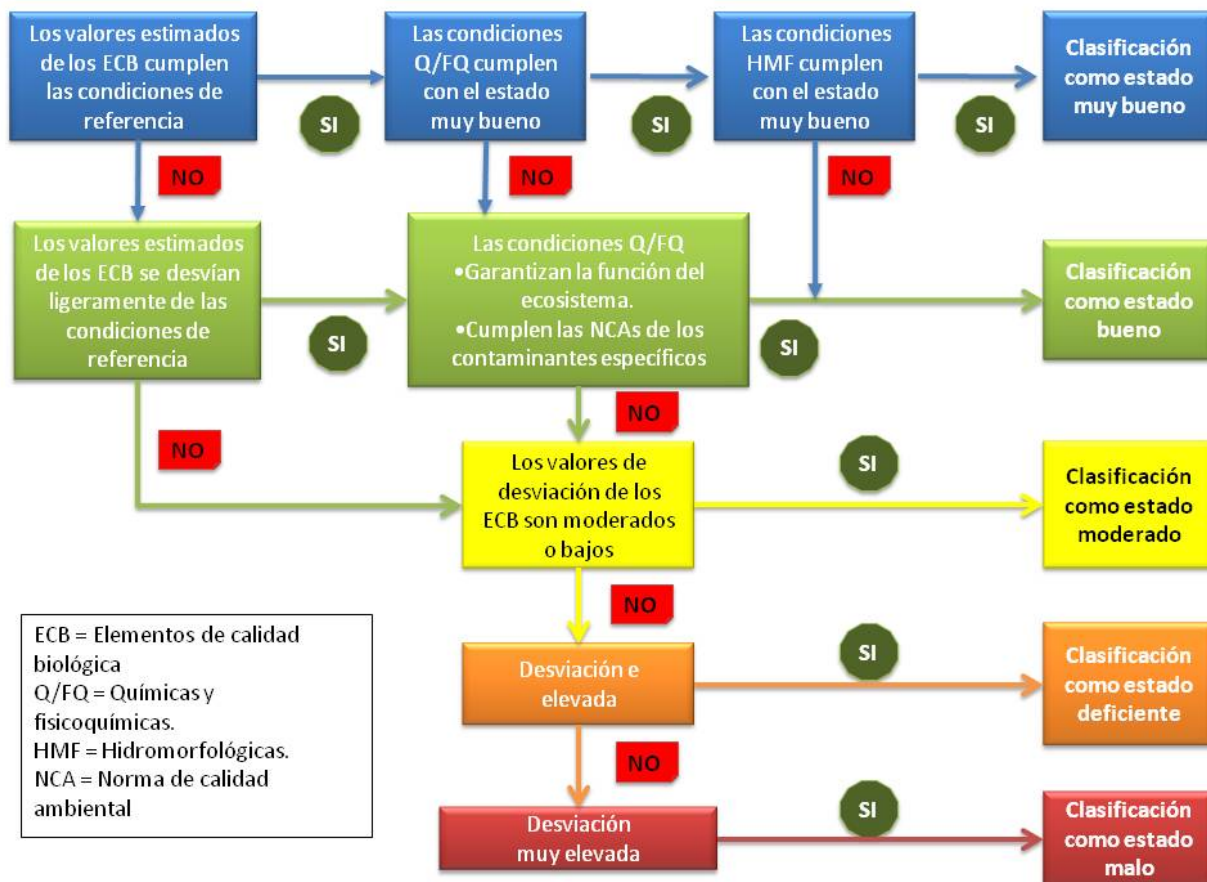


Figura 23. Metodología propuesta por el Grupo de Trabajo 2A de la Unión Europea en el Documento Guía número 13 sobre la clasificación del estado ecológico (European Commission, 2003).

De forma individual para cada elemento de calidad, se ha seguido en la valoración el modelo más restrictivo. Es decir, se escoge de cada elemento como indicador o índice, de entre todos, aquel cuyo resultado ha sido la estima menos favorable en cada ocasión, según el principio “uno fuera, todos fuera”: Se ha denominado a este estado ecológico “restrictivo” como EE_{rest} , de tal manera que:

$$EE_{rest} = \text{Mínimo } (EE_{biol})$$

En resumen, para la clasificación del estado ecológico del medio marino-costero se han utilizado los siguientes elementos de calidad (QEs) y sus correspondientes índices de calidad:



- QEs FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA Y SEDIMENTOS MARINOS
 - Calidad FQ. Físico-química del agua: temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbidez.
 - Calidad QA: Química del agua: sólidos en suspensión y metales pesados
 - Calidad QS. Química del sedimento: metales pesados.
- QEs BIOLÓGICOS
 - Calidad BB. Composición y abundancia del bentos marino. Índices BC y BI (AMBI).

7.3. Resultados. Valoración del estado ecológico marino-costero

7.3.1. Resultados del índice AMBI

Los resultados obtenidos por aplicación de los índices que calcula AMBI a los diferentes sitios de muestreo, considerando el bentos marino, se resumen en el **Cuadro 31**.

CUADRO 31. RESULTADOS DEL ÍNDICE AMBI Y ESTADO DE CALIDAD BIOLÓGICO					
TIPO FONDO	SITIO DE MUESTREO	VALOR INDICE BC	INDICE BIOTICO (BI)	SIGNIFICADO	ESTADO DE CALIDAD BIOLÓGICO
SOMERO	R12	0.872	1	No alterado	MUY BUENA
	R15	1.028	1	No alterado	MUY BUENA
	R18	1.303	2	Ligeramente alterado	BUENA
	Caimito Este	1.500	2	Ligeramente alterado	BUENA
	T1	0.838	1	No alterado	MUY BUENA
	T2	1.188	1	No alterado	MUY BUENA
PROFUNDO	R3	0.682	1	No alterado	MUY BUENA
	R33	0.680	1	No alterado	MUY BUENA

Las comunidades del bentos estudiadas indican, a través de las especies sensibles que las forman, unas MUY BUENAS condiciones del medio marino, con valores de los índices que determina AMBI que son propios de sistemas ligeramente alterados por causas naturales y/o cambios estructurales asociados con la época del muestreo y estado de las poblaciones. Las estaciones R18 y Caimito Este se han clasificado como ligeramente alteradas, pero con un estado de calidad de tipo BUENO.

Por consiguiente, las comunidades del bentos de fondos blandos carecen de efectos debidos a contaminación por aportes procedentes de los trabajos y operación en la Mina y puerto, con especies características de estados no contaminados y que presentan una organización estructural evolutiva propia de los ecosistemas en los que se desarrollan.



7.3.2. Resultados calidad de aguas y sedimentos

Los resultados obtenidos con el fin de valorar el estado físico-químico del agua y sedimentos en los diferentes sitios de muestreo se resumen en el **Cuadro 32**.

CUADRO 32. RESULTADOS DEL ESTADO DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA Y SEDIMENTOS					
TIPO FONDO	SITIO DE MUESTREO	GRADO DE CUMPLIMIENTO	GRADO DE CUMPLIMIENTO	ESTADO QUÍMICO SEDIMENTO	ESTADO FÍSICO-QUÍMICO AGUA
SOMERO	R12	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	R15	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	R18	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	Caimito Este	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	T1	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	T2	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
PROFUNDO	R3	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA
	R33	CUMPLE	CUMPLE	BUENA	BUENA

Como se puede observar, los parámetros analizados cumplen con los límites legales establecidos en la legislación de referencia, con un estado de calidad valorado como BUENO.

7.3.3. Valoración final del estado ecológico marino-costero

En el **Cuadro 33** se sintetizan los resultados de la valoración de los indicadores empleados y del estado ecológico final para cada sitio de muestreo. En resumen, todos los sitios se han clasificado con un ESTADO ECOLÓGICO BUENO.

CUADRO 33. VALORACIÓN FINAL DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LOS SITIOS DE MUESTREO					
CODIGO SITIO MUESTREO	CALIDAD FQ	CALIDAD QA	CALIDAD QS	CALIDAD BB	ESTADO ECOLÓGICO FINAL
R12	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO
R15	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO
R18	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENO
Caimito Este	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENO
T1	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO
T2	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO
R3	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO
R33	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENO

NOTAS. CALIDAD F-Q: calidad físico-química del agua; CALIDAD QA: calidad química del agua; CALIDAD QS: calidad química del sedimento; CALIDAD BB: calidad biológica del bentos marino.



8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los principales resultados obtenidos en el monitoreo de los ecosistemas marino-costeros realizados durante los días 9 al 12 de octubre de 2018 en la zona de Punta Rincón en MINERA PANAMA, se resumen en los siguientes puntos:

- El objetivo es continuar con el Plan de Monitoreo de Ecosistemas Marino-Costeros iniciado en el año 2015, mediante un Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales (EEM por sus siglas en inglés) dirigido a asegurar que los controles ambientales y otras medidas de mitigación sean efectivas para la protección de la viabilidad de los ecosistemas marinos en el entorno de las operaciones de la mina y el puerto.
- De esta forma, se ha continuado con la aplicación de los índices e indicadores ambientales establecidos en el Plan, centrando los trabajos en este segundo monitoreo semestral del año 2018 en los indicadores biológicos (bentos de fondos duros y blandos y peces) y estudios de calidad de agua, sedimentos y biota, con el fin de conocer cómo evolucionan en el tiempo desde el año 2015 (considerada la línea base) y su grado de afectación por las actividades de la mina y el puerto.
- Desde el punto de vista metodológico, se han seguido los mismos métodos y técnicas de monitoreo a los empleados en los monitoreos de años anteriores (2015, 2016, 2017 y primer semestre 2018).
- De esta forma, el diseño de los sitios de monitoreo consideró sitios de muestreo cercanos al proyecto (Punto de Muestreo Cercano, PMC), sitios de muestreo lejano (Punto de Muestreo Lejano, PML) y sitios de muestreo de referencia (REF) que son áreas no influenciadas por el proyecto.
- Se emplearon seis (6) sitios de muestreo (R3 y R33 representativo de zonas profundas lejanas y R12, R15, R18 y Caimito Este de zonas someras cercanas y referencia), además de dos (2) sitios T1 y T2 próximos al muelle de descarga del puerto y E-4 y E-10 más alejados del puerto. Asimismo, se incluyeron siete (7) sitios en el rompe olas (RO1 al RO7).
- Para el estudio de la calidad del agua se realizaron mediciones de parámetros físico-químicos en toda la columna de agua y toma de muestras de agua marina a -1 m para la realización de diferentes parámetros (físicos, nutrientes, metales pesados, etc). En las muestras de sedimentos se analizó su granulometría y diferentes parámetros químicos (COT, metales pesados) y en la biota (mediante capturas directas de pez león) el contenido de metales pesados.
- Para el estudio de las comunidades de fondos duros se emplearon buceadores profesionales (equipados con cámaras fotográficas y de vídeo submarino), que en diferentes transectos lineales establecidos en cada sitio -y sobre la base de datos tomados con cuadrantes- se determinó, entre otros, la cobertura de corales y otros organismos y grupos biológicos. Por su parte, para el estudio de los fondos blandos, se tomaron muestras de sedimento con buceadores y dragas y se completó el estudio del



bentos marino. El estudio de peces se realizó con apoyo de buceadores profesionales y siguiendo el método del transecto en cada sitio de muestreo.

- De forma adicional, durante este monitoreo se ampliaron los muestreos en el rompe olas a siete (7) sitios, en los que se realizaron los mismos muestreos que en fondos duros y comunidades de peces y siguiendo la misma metodología descrita. Igualmente, se tomaron muestras de agua en dos sitios para análisis químicos de los mismos parámetros que en el monitoreo marino-costero, uno en la parte interna del rompeolas (RO4) o puerto de abrigo y otra en la parte externa del mismo (RO2).
- El conjunto de muestreos lo realizó un equipo de cuatro técnicos cualificados, más el patrón del bote, siguiendo los procedimientos estipulados en los TdR de la consultoría y normas de calidad UNE/EN/ISO 17020 y 17025. Para optimizar el trabajo, las tareas fueron divididas entre los técnicos, realizando dos de ellos (con títulos de buceadores profesionales) el muestreo de elementos biológicos y los otros dos la caracterización de calidad de aguas y muestreos de sedimentos. En todos los muestreos, se contó con un paramédico y buceador de apoyo, siguiendo los mayores estándares de seguridad y salud en el trabajo.
- Para los valores de referencia o guía de los parámetros de calidad de aguas (físico-químicos) se ha empleado la siguiente normativa vigente en Panamá, así como normativa específica de referencia para niveles de metales pesados en sedimentos y peces.
 - Norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo para la categoría “sin contacto directo”. Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008.
 - Protocolo del Consejo Canadiense del Ministerio del Ambiente (CCME) y Ley holandesa de suelos contaminados: “Soil Clean-Up Act.1983”.
 - Diferentes Directivas Comunitarias de la Unión Europea sobre contenido de metales pesados en peces.
- Durante el muestreo, las condiciones atmosféricas fueron muy similares, presentando cielos nublados (20-90% nubes), ausencia de lluvias y una temperatura ambiente en el rango de 28-30°C.
- Las medidas de parámetros físico-químicos del agua marina efectuadas con sonda multiparamétrica in situ, indican unas condiciones propias del mar Caribe para la época con moderada a alta concentración de oxígeno disuelto (sobre 6.7-6.9 mg/l y 102-99% de saturación), conductividades propias de agua de mar (46,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y un pH de 8.2 unidades.
- Se aprecian claras diferencias entre el contenido de sólidos en suspensión y la turbidez entre el sitio Caimito Este (12.2 NTU) y el resto de sitios de muestreo, destacando los bajos valores registrados en el resto de sitios (<10 NTU).



- Se destaca que en ningún sitio se incumplen los límites para temperatura (variaciones superiores a 3°C de las condiciones naturales), pH (6,5-8,5 unidades pH), turbiedad (50-100 NTU), sólidos en suspensión (<50 mg/L) y oxígeno disuelto (6-7 mg/L) del Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008.
- Todos los metales pesados en agua incluidos en el Decreto Ejecutivo N° 75 de 4 de junio de 2008 (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo) cumplen con los límites de calidad.
- La composición granulométrica del sedimento es relativamente homogénea entre los diferentes sitios. En los fondos blandos, predominan las arenas medias a gruesas, sin diferencias significativas entre las muestras, y características del litoral caribeño.
- No se aprecia en el sedimento efectos asociados con la construcción del puerto o de las actividades de la Mina, debido al escaso porcentaje de arenas finas y limos presentes en los sedimentos de los sitios someros (más próximos a la costa y potencialmente influenciados) y los más profundos.
- En las muestras de sedimentos, no se han encontrado diferencias significativas en el contenido en metales pesados y otros compuestos entre los sitios de muestreo analizados, cumpliendo todas las muestras con el límite de efectos bajos (LEB), por lo que no se han detectado efectos de contaminación en el entorno del puerto y la Mina.
- Las concentraciones de metales pesados en tejidos de pez león -especie objetivo empleada- han sido bajas en todos los sitios de muestreo y se cumple con el límite para plomo (0,30 mg/kg), cadmio (0.25 mg/kg) y mercurio (0.5-1.0 mg/kg).
- Los fondos duros profundos ubicados frente a Punta Rincón, poseen un sustrato rocoso variable entremezclado con arena. Las zonas profundas se caracterizan por poseer menor penetración de la luz y moderada turbidez, lo que limita el crecimiento de ciertas especies y contribuye al desarrollo de otras como esponjas y colonias de corales. Por su parte, los fondos duros someros se caracterizan por presentar una alternancia de sustratos duros y parches de arena y una mayor penetración de la luz, aunque están expuestos de forma más intensa a la acción del oleaje y los aportes de agua dulce del continente o los procesos sedimentarios.
- Las comunidades de fondos duros en los dos sitios profundos (R3 y R33) son muy similares, predominando el grupo de las esponjas y seguido de los corales adaptados a las condiciones oceanográficas de este tipo de hábitats. En principio, el sitio R3 ha contado con mayor número de especies (especialmente corales), pero sin ser una diferencia significativa. Entre los corales predominan las especies *Agaricia agaricites*, *Agaricia grahamae*, *Agaricia undata*, *Agaricia fragalis*, *Meandrina meandrites* y *ycetophyllia ferox* y entre las esponjas a *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Aplysina lacumosa*, *Callyspongia vaginalis*, *Ircina campana*, *Ircina strobilina*, *Spirastrella coccinea*, *Verongula gigantea* y *Xestospongia muta*.



- Los fondos duros someros (R12, R15 y R18) presentan comunidades muy parecidas entre sí y diferentes de los fondos duros profundos. Entre los corales destacan *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea* y principalmente *Porites astreoides*. Entre las esponjas las principales especies identificadas han sido *Aplysina cauliformis*, *Aplysina fulva*, *Callyspongia vaginalis*, *Clathrina primordialis*, *Ircina campan* y *Xestospongia muta*.
- Los sitios T1 y T2 presentan un sustrato dominado mayoritariamente (>99%) por las arenas finas a medias, por lo que no se han registrado especies típicas de fondos duros.
- Las gorgóneas o corales blandos o falsos corales de los sitios de muestreo en fondo duro profundo y somero fueron muy parecidas, destacando las especies *Pseudopterogorgia amaericana* y *Pseudopterogorgia acerosa* que fueron las más representativas.
- Tanto en los fondos duros someros, como profundos se han registrado con menor cobertura algas y algas coralinas. En los fondos profundos destacan -en cuanto a dominancia y diversidad de especies- las algas rojas (Rodofitas), como *Amphiroa fragilissima* y *A. rigida*, junto a éstas se encuentran *Dictyota menstrualis* y *Halimeda tuna*, que contribuyen a la formación calcárea del fondo rocoso de esta zona. En los fondos someros destacan las algas *Halimeda tuna*, *Amphiroa fragilissima*, *Chondrophycus papillosus*, *Dictyota menstrualis*, *Padina pavonica* y *Galaxaura obtusata*.
- El grupo de las otras formas de vida y los desconocidos conformados por especies de invertebrados marinos, se pueden mencionar las especies como Ascidiar, langosta *Panillurus argus*, poliquetos como *Spirobranchus giganteus*, *Echinometra lucunter*, y el Crinoideo *Nemaster grandis*.
- El bentos marino de sustratos blandos estuvo compuesto por una amplia variedad de taxones, con la dominancia de los moluscos en las localidades R-18 y R-15 (15 y 16 especies), seguido de los crustáceos en las localidades T-1 y T-2 (1 especie). Sin embargo, los poliquetos fueron los de menor dominancia y solo se encontró una especie en la estación T-2.
- Del análisis de la abundancia acumulativa por localidades monitoreadas se puede señalar que hay tres grupos de acuerdo al número de individuos cuantificados: con un mayor número se registraron las localidades R-18 con 1639 ind/m², R-15 con 1209 ind/m² y R-12 con 1066 ind/m². Las de menor abundancia fueron la R-33 con 299 ind/m² y Caimito con 39 ind/m². Los moluscos, por ser el grupo más importante y presentar una amplia distribución espacial en el área estudiada, fueron identificados a nivel de género y analizados con mayor detalle. Dentro del grupo de los moluscos, se cuantificó un total de 5357 ind/m² pertenecientes a 26 familias.
- Para los fondos duros profundos, se censó un total de 357 de peces entre R3 y R33, pertenecientes a 19 especies, incluidas en 19 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes). Las especies más abundantes son *Acanthurus bahianus* (8-14%), *Carangoides bartholomaei* (20-23%) y *Anisotremus virginicus* (15-17%) que representan más del 50% de la población. Por su parte, *Canthigaster rostrate*



sigue apareciendo con una baja densidad y porcentualmente por debajo del 2.3% del total de la población.

- En los fondos duros someros, se registraron un total de 1,630 individuos; pertenecientes a 32 especies, distribuidas en 25 géneros y 16 familias. Todos los peces observados fueron óseos (Osteichthyes). Las especies más abundantes observadas fueron *Kyphosus sectratrix* (11-35%), *Carangoides bartholomaei* (7-8%), *Acanthurus bahianus* (9-33%) y *Anisotremus virginicus* (5-7%). También en las estaciones someras, *Canthigaster rostrata* sigue apareciendo con una baja densidad y porcentualmente por debajo del 1% del total de la población.
- Teniendo en cuenta los resultados del segundo monitoreo del año 2018, los peces registraron una diversidad y composición similar en todos los sitios de estudio. Por lo que se puede inferir, que las condiciones actuales de los fondos profundos y someros son favorables para la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. No se han observado efectos debido a las actividades de operación/construcción de la Mina o del puerto de Punta Rincón.
- La disminución de la riqueza (nº especies e individuos), así como de la cantidad de individuos e incremento del tamaño de las especies observadas, coinciden con lo observado en diversas latitudes del Caribe, en las cuales la mayor cantidad y diversidad de individuos de menor tamaño, se encuentran en las áreas costeras poco profundas, por ser estas zonas de crecimiento y desarrollo de dichas especies.
- Por su parte, hacia las aguas más profundas, aparecen especies de mayor tamaño, pero con menor diversidad y número de individuos, pues en estas áreas se registran principalmente especies adultas. Tanto el número como la variabilidad de especies observada en las aguas profundas fueron mucho más bajas que la observada en los fondos duros someros.
- A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que lo observado representa el estado actual y normal de las poblaciones de peces de los fondos profundos y someros con diferentes hábitats; ya que en dichos lugares no se ha desarrollado una sobrepesca u otros efectos de origen antrópico que pudiera afectarlos, como lo que ha ocurrido en otras áreas del Caribe de Panamá (Jácome, 2001).
- Por ello se puede inferir que las condiciones actuales de los fondos profundos y someros son favorables para la comunidad ictiológica presente en estos sitios, donde juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. No se han observado efectos sobre los peces debido a las actividades de la mina o del puerto de Punta Rincón.
- La abundancia relativa del pez león en el presente monitoreo fue de 0.8-3.3% para el fondo somero y de 5-6% para el fondo profundo. Se observa, con respecto a años anteriores, que la especie se mantiene en los porcentajes. A partir de los datos ya disponibles, se puede adelantar que la especie ha llegado a un tamaño poblacional más



o menos definido, con una clara presencia en la zona, aunque pueden variar los efectivos entre estaciones debido a factores externos (alimento, depredación, etc).

- Durante este monitoreo se han continuado con los trabajos en el rompe olas del puerto en siete sitios de monitoreo, con el objetivo de caracterizar en detalle las comunidades biológicas de fondos duros y peces. El monitoreo y seguimiento de la evolución temporal en los procesos de colonización de las comunidades biológicas de las rocas depositadas para el rompe olas, permitirá evaluar la utilidad de estos espacios como hábitats artificiales.
- Se ha registrado una progresiva colonización por grupos biológicos de las rocas del rompeolas en su parte más externa que parece se va afianzando con el tiempo –como así se observó en monitoreos anteriores–, con la presencia de corales y primeras formas de esponjas. En la parte interna, menos expuesta y dentro de la zona de abrigo del rompe olas, esta colonización todavía es incipiente, aunque se aprecian signos de implantación de colonias de corales.
- La comunidad de peces en el rompeolas presenta un número significativo de peces y densidades, comparables a las registradas en el estudio marino-costero. Se aprecia una clara diferencia entre los valores de abundancia (densidad) y los índices de diversidad de la parte externa de la interna, con una comunidad mejor estructurada y más diversa en los transeptos expuestos a mar abierto. No obstante, la comunidad de peces en el interior del rompe olas se puede considerar de alto valor ambiental, con especies y densidades propias de aguas litorales del Caribe.
- Los resultados obtenidos –al igual que los registrados en años anteriores–, indican que el rompeolas sirve como hábitat para las diferentes comunidades biológicas, contribuyendo a que aparezca en la zona del puerto una mayor riqueza y abundancia de especies bentónicas y pelágicas litorales.
- Se ha procedido al análisis de los indicadores ambientales que se vienen empleando de forma rutinaria en el EEA para valorar cómo cambian los resultados de los diferentes elementos ambientales considerados (bentos marino y peces). De esta forma, con el fin de resumir e interpretar estos resultados de la forma más sencilla posible, se ha utilizado una simbología que indica la tendencia de cada indicador en el tiempo en comparación con las condiciones de referencia y la línea de base del año 2015.
- La tendencia de los tres indicadores biológicos comparados entre la línea base del 2015 y monitoreos de los años 2016, 2017 y primer monitoreo semestral de 2018 y del presente monitoreo 2018 indican variaciones poco significativas entre los mismos.
- En este sentido, se destaca que las condiciones generales analizadas han variado muy poco con respecto a los años anteriores, no apreciándose por el momento una tendencia hacia peores condiciones en la salud de los ecosistemas marino-costeros (bióticos) asociados con las actividades de construcción/operación de la Mina y el puerto.



9. BIBLIOGRAFÍA

PECES

ALLEN, G.R. 1985. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fish Synopsis 6(125): 1-208.

ANAM. 2008. RESOLUCIÓN No. AG-0051-2008 "Por la cual se reglamenta a las especies de fauna y flora amenazadas y en peligro de extinción, y se dictan otras disposiciones". Gaceta oficial No. 26013 del 7 de abril de 2008.

BOHLKE, J.E. & C.G. CHAPLIN. (2 ed.). 1993. Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Watersn. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, University of Texas Press, USA, 771 pp.

BUSSING, W.A. 1987. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, 271 p.

BUSSING, W.A. 1998 (2 ed.) Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. vol. 46, supl. 2: 1-468.

CARPENTER, K.E. (ed.). 2002a. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO pp 601-1374.

CARPENTER, K.E. (ed.). 2002b. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO p 1375-2127.

CERVIGON, F. 1966. Los Peces Marinos de Venezuela. Tomo I y II. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas. 1-951 pp.

CERVIGON, F. & W. FISCHER. 1979. INFOPESCA: Catálogo de Especies Marinas de Interés Económico Actual o Potencial para América Latina. Parte I- Atlántico Centro y Suroccidental. FAO/UNDP, SIC/79/1, Roma, 372 pp.

CERVIGON, F., R. CIPRIANI, W. FISCHER, L. GARIBALDI, M. HENDRICKX, A.J. LEMUS, R. MARQUEZ, J.M. POUTIERS, G. ROBAINA & B. RODRIGUEZ. 1992. Fichas FAO de identificación de las especies para los fines de la pesca. Guía de Campo de las Especies Comerciales Marinas y de Aguas Salobres de la Costa Septentrional de Sur América. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. Roma, FAO, 1992. 513 pp.



- CHRISTOPHER R.B., & OLDEN, J.D. 2011. Multi-scale habitat occupancy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in coral reef environments of Roatan, Honduras. *Aquatic Invasions* 6 (3): 347–353.
- COLLETTE, B.B. & C. E. NAUEN. 1983. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish Synopsis 2(125): 1-137.
- FISCHER, W. (ed.). 1978. FAO Identification Sheets for Fishery Purposes: Western Central Atlantic (Fishing Area 31), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, vol. 1-7: pag. var.
- FROESE, R. & D. PAULY. (ed.). 2013. FishBase, World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (04/2013).
- HEEMSTRA, P.C. & J.E. RANDALL. 1993. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fisheries Synopsis 16(125): 1-382.
- HUMANN, P. 1997. (3ra. ed.). Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas. Paramount Miller Graphics Inc., Florida, 396 pp. + app.
- JÁCOME, G. 2001. La pesca y el deterioro de los arrecifes en el Caribe y Panamá. Pp. 200-206. En: S. Heckadon-Moreno (Editor). Panamá: Puente Biológico. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá, 233 p.
- MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND. 1923. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (215): 1-330.
- MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND. 1925. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (226): 331-708.
- MEEK, S.E. & S.F. HILDEBRAND. 1928. The Marine Fishes of Panama. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. Vol. XV (249): 709-1045.
- PERRY, J.A. & S.D. PERRY. 1974. Los Peces Comunes de la Costa Atlántica de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Departamento de Biología, Serie Ciencias naturales No. 7, 225 p.
- PLAN DE ACCIÓN DE BIODIVERSIDAD (PAB). Minera Panamá. S.A. Versión 2.0. Junio de 2011. 264 pp.
- RANDALL, J.E. 1968. Caribbean Reef Fishes. T.F.H. Publications Inc., Neptune City, N.J., 318 pp.
- SCHOFIELD, P. 2009. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquat Invasions* 4:473–479.



FONDOS DUROS

Calder, D.R. and L. Kirkendale. 2005. Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) from shallow-water environments along the Caribbean coast of Panama. *Caribbean Journal of Science* 41: 476-491.

Collin, R., M. C. Diaz., J. Norenburg., R.M. Rocha, J.A. Sanchez., A. Schulze, M. Schwartz and A. Valdés. 2005. Photographic identification guide to some common marine invertebrates of Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*. Vol. 41(3): 367-638. Gingsbur R. 1999. <http://www.agrra.org/updates/metodo.html>.

Humann, P. and N. Delpachach. 2006. Reef Fish Identification – Florida, Caribbean, Bahamas. 3rd Edition. New World Publications, Inc. USA. 480 pp. STRI Bocas Data Base, 2012. (www.stri.org).

Veron, J.E.N. 2000. Corals of the world. Stafford-Smith, M. (ed). Australian Institute of Marine Science. Volumen I. 463 p.

Zea, Sven. 1998. Estado actual del conocimiento en Sistemática de Esponjas Marinas (Poríferas) del Caribe Colombiano. *Boletín Ecotrópica: Ecosistemas Tropicales* N° 33: 45-59.

BENTOS MARINO

Abbott, R. T. 1954. American Shells. D. Van Nostrand company, Inc. 541 pp.

Fauchald, K. 1984. Preface. En *Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*. Eds. J. M. Uebelecker & P. G. Johnson. Mobile: Barry A. Vittor and Associates, págs. iv-v.

Ferrero-Vicente, L.M. et al., 2011. Soft-bottom sipunculans from San Pedro del Pinatar (Western Mediterranean): influence of anthropogenic impacts and sediment characteristics on their distribution. *Animal Biodiversity and Conservation*. 34, 101-111.

Garcés, H. 1994. El Bentos Marino. *Scientia Edición Especial*. 111-117.

Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge University Press. London. 185 pp.

Keen, M. 1971. Sea Shells of Tropical West America. Stanford, California. 1000 pp.

Levinton, J. 1982. Marine Ecology. Printice Hall Inc. New York. U.S.A. 526 pp.

Liñeros, I. 1997. Poliquetos Bénticos de Venezuela. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná. Pp. 148.

Morales- N. A. G., D. E. Alston & A. Cabarcas. 2003. Preliminary effects of open-ocean cages on benthic maroinvertebrate populations. April 3, 2003. VIII Sigma Xi Poster Day.



Rodríguez, G. 1980. Los Crustáceos del Caribe Venezolano. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas. 494 pp.

SALAZAR-VALLEJO, S.I., J.A. DE LEÓN-GONZÁLEZ Y H. SALAICES-POLANCO. 1989 (1988). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Libros, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, 212 p.

Villalaz, J., C., A. Vega., J. Ávila & J. A. Gomes. 2002. Análisis Temporal de Macroinvertebrados Bentónicos en Playa el Agallito, Chitré. Tecnociencia. Vol.4. 2:111-126.

Warwick, R. & M. Ruswahyuni. 1987. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: Further evaluation of the species abundance- biomass method. Mar. Biol., 95: 193-200.



ANEXO 1

INFORMES DE ENSAYO DE ANÁLISIS EN LABORATORIO (AGUA, SEDIMENTO Y BIOTA)

INFORME DE ENSAYO Nº 01151218

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	
NOMBRE: EES INTERNATIONAL, SA	PERSONA CONTACTO: FERNANDO MARIÑO
DIRECCIÓN: Manuel María Icaza, PH Cor Building Ciudad de Panamá, Panamá	CORREO CONTACTO: consultoria@ees-international.com

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA Y CADENA CUSTODIA	
CÓDIGO MUESTRAS: R3, R33, R12, R15, R18, Caimito este, T1, T2, E-4 y E-10	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 12/10/18
TOMADA POR: EES INTERNATIONAL, SA	CODIGO FICHA CAMPO Y CC: EES 102017
FECHA INICIO ANALISIS: 12/10/18	FECHA FIN ANÁLISIS: 15/12/18
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: agua marina tomada en Punta Rincón. Mar Caribe	

PARÁMETRO	UNID.	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
TSS	mg/L	31,500	31,200	31,800	31,600	31,450	31,400	31,230	31,510	31,634	31,300
TSD	mg/L	120	128	410	130	124	133	134	145	124	132
DBO	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
COD	mg/L	1.4	1.1	1.9	1.3	1.2	1.2	1.1	1.5	1.3	1.2
Nitrato NO3	mg/L	0.21	0.23	0.56	0.12	0.15	0.19	0.24	0.10	0.16	0.23
Nitrito NO2	mg/L	0.010	0.015	0.012	0.025	0.010	0.010	0.012	0.011	0.015	0.010
Amonio NH4	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
N total	mg/L	1.3	0.7	2.1	0.5	1.1	1.2	1.4	1.1	1.2	1.4
Fosfatos	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Sulfatos SO4	mg/L	3300	3215	3300	3410	3600	2950	3457	3800	3310	3400
Cloruros Cl	mg/L	11,300	11,250	11,900	11,410	11,320	11,780	11,500	11,890	11,460	11,700
Magnesio	mg/L	1130	1120	1100	1110	1115	1201	1200	1120	1150	1300
Calcio	mg/L	340	345	355	320	330	361	390	350	368	380
Potasio	mg/L	533	545	536	551	560	575	540	560	567	490
Sodio	mg/L	8450	9100	9320	9600	9250	9200	8500	9100	8990	9200
Fluoruro	mg/L	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.10	1.12	1.00	1.10	1.11
Aceites y G	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Aluminio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

PARÁMETRO	UNID.	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
Antimonio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Antimonio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Bario dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Bario tot	mg/L	<0.001	<0.001	10.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Berilio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Berilio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hierro dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hierro tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Manganeso dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Manganeso tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plata dis	mg/L	0.340	0.356	0.388	0.420	0.320	0.345	0.420	0.356	0.560	0.210

PARÁMETRO	UNID.	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
Plata tot	mg/L	0.456	0.435	0.470	0.510	0.478	1.210	1.34	0.54	0.35	0.49
Plomo dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plomo tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio dis	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cianuro	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

Fecha de emisión del Informe de Ensayo: 27 de diciembre de 2018

Responsable Informe y PCC: Dr Pedro Aranzadi

FIRMA DIGITAL



INFORME DE ENSAYO Nº 02151218

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	
NOMBRE: EES INTERNATIONAL, SA	PERSONA CONTACTO: FERNANDO MARIÑO
DIRECCIÓN: Manuel María Icaza, PH Cor Building Ciudad de Panamá, Panamá	CORREO CONTACTO: consultoria@ees-international.com

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA Y CADENA CUSTODIA	
CÓDIGO MUESTRAS: R3, R33, R12, R15, R18, Caimito este, T1, T2, E-4 y E-10	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 12/10/18
TOMADA POR: EES INTERNATIONAL, SA	CODIGO FICHA CAMPO Y CC: EES 102017
FECHA INICIO ANALISIS: 12/10/18	FECHA FIN ANÁLISIS: 15/12/18
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: sedimentos marinos tomados en Punta Rincón. Mar Caribe	

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
COT	mg/kg	2.1	2.4	2.1	2.2	2.4	2.2	1.5	1.7	2.1	1.9
Aceites y grasas	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
HIT	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/kg	7,710	6,220	7,100	6,730	8,340	8,230	8,250	7,690	7,250	7,140
Antimonio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/kg	21.00	16.10	11.30	14.10	13.00	12.00	14.70	12.90	20.40	10.35
Bario tot	mg/kg	11.00	10.00	10.20	8.65	12.10	10.20	7.90	10.10	11.70	12.80
Berilio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/kg	2.20	1.15	1.20	1.30	3.10	8.12	3.40	1.58	2.67	1.90
Hierro tot	mg/kg	20,400	21,320	20,200	12,410	20,550	20,120	15,300	22,600	18,900	16,750

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO									
		R3	R33	Caimito Este	R12	R15	R18	T1	T2	E-4	E-10
Manganeso tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Molibdeno tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plata tot	mg/kg	2.20	2.10	2.31	2.10	3.00	2.25	2.10	2.09	1.90	1.85
Plomo tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Fecha de emisión del Informe de Ensayo: 27 de diciembre de 2018

Responsable Informe y PCC: Dr Pedro Aranzadi

FIRMA DIGITAL



NOTAS: Metodología aceptada por el cliente, cumpliendo los TdR. Análisis en sedimentos referido a materia seca (s.m.s.)

INFORME DE ENSAYO Nº 03151218

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	
NOMBRE: EES INTERNATIONAL, SA	PERSONA CONTACTO: FERNANDO MARIÑO
DIRECCIÓN: Manuel María Icaza, PH Cor Building Ciudad de Panamá, Panamá	CORREO CONTACTO: consultoria@ees-international.com

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA Y CADENA CUSTODIA	
CÓDIGO MUESTRAS: R3, R33, R12, R15, R18	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 12/10/18
TOMADA POR: EES INTERNATIONAL, SA	CODIGO FICHA CAMPO Y CC: EES 102017
FECHA INICIO ANALISIS: 12/10/18	FECHA FIN ANÁLISIS: 15/12/18
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: biota (tejido de pez león) tomados en Punta Rincón. Mar Caribe	

PARÁMETRO	UNIDADES	CODIGO SITIOS DE MUESTREO				
		R3	R33	R12	R15	R18
Aluminio tot	mg/kg	220	96	90	85	95
Arsénico tot	mg/kg	2.30	2.10	1.40	1.20	0.90
Bario tot	mg/kg	1.40	1.30	1.15	1.90	2.35
Berilio tot	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cadmio tot	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cinc tot	mg/kg	30.40	35.10	30.20	22.10	15.10
Cobalto tot	mg/kg	0.25	0.34	0.50	0.15	0.18
Cobre tot	mg/kg	3.40	2.30	2.80	1.60	1.90
Cromo tot	mg/kg	0.10	0.05	0.20	0.15	0.22
Hierro tot	mg/kg	90.4	70.9	80.6	85.1	75.9
Manganeso tot	mg/kg	170.2	160.4	130.7	144.8	160.3
Mercurio tot	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Molibdeno tot	mg/kg	0.20	0.30	0.40	0.65	0.35
Níquel tot	mg/kg	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01
Plomo tot	mg/kg	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01
Selenio tot	mg/kg	1.25	1.60	1.34	1.10	1.49
Vanadio tot	mg/kg	0.66	0.20	0.35	0.10	0.15

Fecha de emisión del Informe de Ensayo: 27 de diciembre de 2018

Responsable Informe y PCC: Dr Pedro Aranzadi FIRMA DIGITAL



El presente Informe de Ensayo no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito del cliente. El informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo. Los resultados contenidos en el presente informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos. Los resultados sólo conciernen al, o a los, objetos presentados a ensayo. El laboratorio dispone de las incertidumbres de sus medidas a disposición del cliente que las solicite. Se han seguido métodos normalizados según lo indicado en el Decreto Ejecutivo Nº 75 de 4 de junio de 2008, Reglamentos Técnicos DGNTI-COPANIT y última actualización de Standard Methods, que se encuentran a disposición del cliente que los solicite. Los ensayos no marcados con * están acreditados o en fase de acreditación por el CNA conforme a la Norma DGNTI-COPANIT-ISO 17025 de Laboratorios de Ensayo en las instalaciones de PFR ENVIRONMENTAL, SA ubicadas en ANCON, Avda. Morgan Dúplex 301-A, Ciudad de Panamá. Panamá. Este Informe consta de 1 página. Metodología aceptada por el cliente, cumpliendo los TdR. Análisis en tejido de pez león referido a materia seca (s.m.s.)

INFORME DE ENSAYO Nº 01151218

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	
NOMBRE: EES INTERNATIONAL, SA	PERSONA CONTACTO: FERNANDO MARIÑO
DIRECCIÓN: Manuel María Icaza, PH Cor Building Ciudad de Panamá, Panamá	CORREO CONTACTO: consultoria@ees-international.com

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA Y CADENA CUSTODIA	
CÓDIGO MUESTRAS: R3, R33, R12, R15, R18, Caimito este, T1, T2, E-4 y E-10	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 12/10/18
TOMADA POR: EES INTERNATIONAL, SA	CODIGO FICHA CAMPO Y CC: EES 102017
FECHA INICIO ANALISIS: 12/10/18	FECHA FIN ANÁLISIS: 15/12/18
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: agua marina tomada en Punta Rincón. Mar Caribe	

PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompeolas)	R02 (exterior rompeolas)
TSS	mg/L	31,600.00	30,450.0
TSD	mg/L	120	146
DBO	mg/L	<3	<3
COD	mg/L	1.0	1.1
Nitrato NO3	mg/L	0.22	0.20
Nitrito NO2	mg/L	0.010	0.010
Amonio NH4	mg/L	<0.01	<0.01
N total	mg/L	0.4	0.3
Fosfatos PO4	mg/L	<0.4	<0.4
Sulfatos SO4	mg/L	3430.00	3250.00
Cloruros Cl	mg/L	11,250.0	11,350.0
Magnesio	mg/L	1200	1150
Calcio	mg/L	312	290
Potasio	mg/L	560	540
Sodio	mg/L	9600	9300
Fluoruro	mg/L	1.10	1.30
Aceites y G	mg/L	<5	<5
Aluminio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Aluminio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Antimonio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Antimonio tot	mg/L	<0.001	<0.001

PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompeolas)	R02 (exterior rompeolas)
Arsénico dis	mg/L	<0.001	<0.001
Arsénico tot	mg/L	<0.001	<0.001
Bario dis	mg/L	<0.001	<0.001
Bario tot	mg/L	<0.001	<0.001
Berilio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Berilio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Boro dis	mg/L	<0.001	<0.001
Boro tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cadmio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cadmio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cinc dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cinc tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cobalto dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cobalto tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cobre dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cobre tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cromo dis	mg/L	<0.001	<0.001
Cromo tot	mg/L	<0.001	<0.001
Hierro dis	mg/L	<0.001	<0.001
Hierro tot	mg/L	<0.001	<0.001
Manganeso dis	mg/L	<0.001	<0.001
Manganeso tot	mg/L	<0.001	<0.001
Mercurio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Mercurio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Molibdeno dis	mg/L	<0.001	<0.001
Molibdeno tot	mg/L	<0.001	<0.001
Níquel dis	mg/L	<0.001	<0.001
Níquel tot	mg/L	<0.001	<0.001
Plata dis	mg/L	<0.001	<0.001
Plata tot	mg/L	<0.001	<0.001
Plomo dis	mg/L	<0.001	<0.001
Plomo tot	mg/L	<0.001	<0.001

PARÁMETRO	UNIDAD	R04 (interior rompeolas)	R02 (exterior rompeolas)
Selenio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Selenio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Vanadio dis	mg/L	<0.001	<0.001
Vanadio tot	mg/L	<0.001	<0.001
Cianuro	mg/L	<0.10	<0.10

Fecha de emisión del Informe de Ensayo: 27 de diciembre de 2018

Responsable Informe y PCC: Dr Pedro Aranzadi

FIRMA DIGITAL



PFR ENVIRONMENTAL, SA
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES

FICHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO
REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

FECHA RECEPCIÓN: 12-10-18	HORA RECEPCIÓN: 17:20 pm
CODIGO PROYECTO: ESTUDIO MARINO COSTERO MINERA PANAMÁ	CODIGO FICHA DE CAMPO Y CC: EES-03
TEMPERATURA INTERIOR COOLER: <5°C	TIEMPO TRANSPORTE: <12 H
RECEPCIONADO POR: P. ARANZADI	ENTREGADO POR: C. VEGA

VOLUMEN ENVASE	PARAMETROS A ANALIZAR	TRATAMIENTO PREVIO	CONSERVACIÓN	CODIGOS MUESTRAS LABORATORIO
100 ml VIDRIO	Cianuro	Conservado con NaOH	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10
100 ml VIDRIO	Metales pesados totales	Conservado con HNO3	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10
100 ml PLASTICO	Fluoruro	Sin conservante	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10
1 l PLASTICO	Varios	Sin conservante	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10
3 Bolsas	Granulometría y metales pesados	Sin conservantes	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10
1 Bolsa	Biota (pez león)	Sin conservantes	Frío (<5°C)	R3, R33, R12, R15, R18, CE, RO2, RO4, T1, T2, E-4 y E-10

CUMPLE CON CRITERIOS DE RECEPCION MUESTRAS: SI:.....CUMPLE.....NO:.....	REVISADO POR (nombre y firma):  14/10/2017 Dr Pedro Aranzadi
MOTIVOS INCUMPLIMIENTO: NINGUNO	
OBSERVACIONES: NINGUNA	

M1001-4 FICHA RECEPCION MUESTRAS LABORATORIO